

Juillet 1983
Trimestriel

P 3835 + 1 carte fascicule

2

BULLETIN**D'ÉCOLOGIE**

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

(Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976)

Bureau pour l'année 1982 :

Président : P. PESSON, 55, avenue Duquesne, 75007 Paris.

Vice-Présidents : J.C. LEFEUVRE, Laboratoire d'Evolution des Ecosystèmes naturels et modifiés - Muséum National, 36, rue Geoffroy, Saint-Hilaire, 75231 Paris Cedex 05.

Z. MASSOUD, Laboratoire d'Ecologie Générale, Muséum National, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy.

Présidents honoraires : G. LEMÉE, P. GRISON, J.A. RIOUX, C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE.

Secrétaire Général : Germaine RICOU, Laboratoire de Recherche sur les Ecosystèmes prairiaux - INRA - 16, rue Dufay, 76100 Rouen.

Secrétaire Général adjoint : P. BLANDIN, Laboratoire de Zoologie, Ecole Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05.

Trésorier : F. DE BEAUFORT, Secrétariat Faune Flore, Muséum National, 57, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05.

Trésorier adjoint : M. AMANIEU, Laboratoire d'Hydrobiologie, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier Cedex.

Bulletin d'Ecologie :

Directeur de la Publication : Secrétaire Général.

Fabrication du Bulletin : R. DAJOZ, Laboratoire d'Ecologie Générale, Muséum National, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy.

Conseil pour l'année 1982 :

AMANIEU M. (adresse ci-dessus).

DE BEAUFORT F. (adresse ci-dessus).

BELLAN G., Station Marine d'Endoume, CNRS, rue Batteries des Lions, 13007 Marseille.

BLANDIN P. (adresse ci-dessus).

BOUDOURESQUE C., Laboratoire de Biologie Végétale, UER des Sciences de la Mer et de l'Environnement, Luminy - 70, route Léon Lachamp, 13288 Marseille Cedex 2.

BOURNAUD M., Département de Biologie animale et Ecologie, Université Claude Bernard, 43, boulevard du 11-Novembre-1918, 69622 Villeurbanne Cedex.

CHARLES P.J., Station de Zoologie et de Biocénétique Forestières, INRA - Ardon - 45160 Olivet.

COINEAU Y., Laboratoire des Arthropodes, Muséum National, 61, rue Buffon, 75, Paris Cedex 05.

DAJOZ R. (adresse ci-dessus).

DELAMARE DEBOUTTEVILLE C., Laboratoire d'Ecologie générale, Muséum National, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy.

DECAMPS H., Centre d'écologie des ressources renouvelables, 29, rue Jeanne-Marvig, 31055 Toulouse Cedex.

GEHU J.M., Faculté de Pharmacie, Université de Paris V, 4, avenue de l'Observatoire, 75006 Paris.

JARRY D., Laboratoire de Parasitologie, Institut de Botanique, rue Auguste-Broussonnet - 34060 Montpellier Cedex.

LAMOTTE M., Laboratoire de Zoologie, Ecole Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05.

LAUBIER L., CNEXO, 66, avenue d'Iéna, 75116 Paris.

LEBRETON P., Département de Biologie végétale, Service de Phytochimie et Phytosociologie, Université Claude Bernard, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex.

LEFEUVRE J.C. (adresse ci-dessus).

LEGAY J.M., Département de Biologie générale et appliquée, Laboratoire de Biométrie, Université Claude Bernard, 43, boulevard du 11-Novembre-1918, 69622 Villeurbanne Cedex.

LOSSAIN P., CNRS, CEPE Louis Emberger, route de Mende, BP 5051, 34033 Montpellier Cedex.

MASSOUD Z. (adresse ci-dessus).

OZENDA P., Laboratoire de Botanique et Biologie Végétale, Université de Grenoble, B.P. 53, Centre de Tri, 38041 Grenoble Cedex.

PESSON P. (adresse ci-dessus).

RAMADE F., Laboratoire de Zoologie, Université de Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex.

RICOU G. (adresse ci-dessus).

RIOUX J.A., Laboratoire de Parasitologie, Institut de Botanique, rue Auguste Broussonnet, 34060 Montpellier Cedex.

TREHEN P., Station biologique de Paimpont, 35380 Plélan-le-Grand.

VANNIER G., Laboratoire d'Ecologie générale, Muséum National, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy.

8 3835

Juillet 1983
Trimestriel

fascicule 2

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976

SECRÉTARIAT GÉNÉRAL

c/o Secrétariat "Faune Flore"

57, rue Cuvier, 75231 PARIS Cedex 05

Publié avec le concours financier du Ministère de l'Environnement

Tome 14



Bibliothèque Centrale Muséum



3 3001 00041530 6

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

Tome 14 - 1983 - n° 2 - Juillet

SOMMAIRE

Jean TROUILLET. — Recherches bio-écologiques dans la région de Yaka-Yaka (Congo). V. Structure et variabilité d'un peuplement de phlébotomes de forêt (Diptères, Psychodidae)	67
Bernard DOCHE. — Contribution à l'étude d'une séquence majeure du dynamisme végétal dans l'étage montagnard granitique du Massif Central (Cantal)	79
Georges LEMÉE. — Erosions anciennes et actuelles sur les pentes de sables en forêt de Fontainebleau	87
M. DESIÈRE. — Ecologie des Coléoptères coprophiles en prairie permanente pâturée. I. Caractéristiques des populations de Coléoptères adultes coprophiles. Phénologie et dynamique saisonnière	99
Résumés de thèses	119
Analyses d'ouvrages	127



RECHERCHES BIO-ÉCOLOGIQUES
DANS LA RÉGION DE YAKA-YAKA (CONGO)
V. STRUCTURE ET VARIABILITÉ D'UN PEUPLEMENT
DE PHLÉBOTOMES DE FORÊT
(DIPTERA, PSYCHODIDAE)*

par Jean TROUILLET

Collaboration technique : A.S. BIMANGOU et J.M. BOUDZOUYOU

Département de Biologie animale, Equipe de Bio-écologie des Vecteurs,
Faculté des Sciences, B.P. 69, Brazzaville, République Populaire du Congo.

RÉSUMÉ

Le peuplement sylvicole de la Djoumouna, dont les espèces principales sont *Sergentomyia impudica*, *S. bedfordi* ssp., *S. hamoni*, *S. bedfordi media*, *S. ingrami*, présente un cycle saisonnier d'abondance à deux pics, l'un en fin de petite saison des pluies, l'autre en fin de grande saison des pluies. L'abondance, la fréquence, les fluctuations saisonnières, le sex-ratio, la phototaxie de chaque espèce sont analysés. La distribution des abondances spécifiques a pu être ajustée à deux modèles mathématiques : celui de Motomura et celui de Preston. Le modèle de Motomura s'adapte avec un peu plus de précision que celui de Preston. Ces ajustements ont ainsi défini une nomocénose dont la diversité, la richesse et la densité sont évaluées.

SUMMARY

Bioecological researches in the Yaka-Yaka Region (Congo) V. Structure and variability of a community of forest Phlebotomine sandflies (Diptera, Psychodidae).

The Djoumouna forest community, made up essentially of *Sergentomyia impudica*, *S. bedfordi* ssp., *S. hamoni*, *S. bedfordi media*, *S. ingrami*, shows a two-pea, seasonal cycle of abundance, one at the end of the short rainy season and one at the end of the long rainy season. The abundance, frequency, seasonal fluctuations, sex-ratio, phototaxy of each species are analysed here. It was possible to align the distribution of specific abundances with two mathematical models:

Motomura's and Preston's. The former can be adapted with greater precision than the latter. These adjustments have accordingly defined a nomocenos the diversity, richness and density of which are evaluated here.

La région (1) de Yaka-Yaka, située à une vingtaine de kilomètres au Sud-Ouest de Brazzaville (TROUILLET et coll., 1976-1977), présente deux grands types de végétation : la forêt et la savane. La forêt, d'après

la terminologie de Yangambi (TROCHAIN, 1957) est une forêt-galerie qui borde de petits cours d'eau, la Djoumouna et ses affluents. Elle est constituée d'un îlot primaire entouré de forêt secondaire.

* Cet article est extrait d'une thèse de Doctorat d'Etat soutenue le 7 juillet 1981 devant l'Université de Paris-Sud.

(1) Le terme « région » est pris ici dans son acception courante et non dans une perspective géographique.

TABLEAU I

Phlébotomes capturés, à la main, dans la forêt de la Djoumouna de juillet 1976 à juin 1979.

Espèces Mois	Nombre de captures effectuées	<i>S. bedfordi</i>		<i>S. impudica</i>		<i>S. hamoni</i>		<i>S. ingrani</i>		<i>S. africana africana</i>		<i>S. schwetzi</i>		Total	
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Juillet 1976	3	9	7	17										26	7
Août	7	28	11	41	1				1					69	13
Septembre	4	6	5	15					1					21	6
Octobre	6	14	9	29				1	2	1				45	11
Novembre	6	10	10	33	2	17	9							61	22
Décembre	4	1	1	42	5	21	11	1	1			1		64	19
Janvier 1977	4	12	6	52	1	30	8							94	15
Février	5	7	8	39	2	25	11		1					71	22
Mars	3	5	9	13	1	40	6							58	16
Avril	4	3	9	59	2	36	8		1					98	20
Mai	5	9	19	95	5	17	15							121	39
Juin	4	19	29	103	3	6	4							128	36
Juillet	4	10	3	41					1					51	4
Août	5	29	34	30										59	34
Septembre	5	28	17	5										33	17
Octobre	4	17	11	9	2									26	13
Novembre	5	4	18	25	1	13	16							42	35
Décembre	4	3	4	43	1	21	48							67	53
Janvier 1978	5	21	30	27	1	16	35		2					64	68
Février	4	14	34	7	2	1	11							22	47
Mars	4	23	46	1					1					24	47
Avril	4	18	13	21	1	3	2		1					42	17
Mai	5	20	11	53	2	1	4							74	17
Juin	4	11	16	5										16	16
Juillet	4	26	7	4										30	7
Août	4	24	7	4										28	7
Septembre	4	22	9											22	9
Octobre	5	24	10											24	10
Novembre	4	13	9	20	3	5	1							38	13
Décembre	4	19	14	11	1	10	6							40	21
Janvier 1977	5	31	46	14	2		6	1	2					46	56
Février	4	28	14	11		4	9							43	23
Mars	4	19	21	19		12	17							50	38
Avril	4	9	16	14	1	16	25		1	1	1		2	40	46
Mai	4	22	15	8		16	14							46	29
Juin	5	27	26	40		4	7				2		2	71	37
Total ♂♂ ou ♀♀		585	554*	950	39	314	273	3	15	2	4		5	1854	890
Total ♂♂ + ♀♀		1139		989		587		18		6		5		2744	
Abondance		41,5 %		36,0 %		21,4 %		0,7 %		0,2 %		0,2 %			

* 486 ssp. (36,4 %), 67 media (5,0 %), 1 firmata (0,1 %).

Les piégeages manuels et lumineux ont été réalisés, dans une même zone, d'environ 2 ou 3 ares, située en bordure du lit de la rivière Djoumouna. Dans un abri météorologique, fonctionnait un thermo-hygrographe permettant de relever les variations de température et d'humidité relative.

Les récoltes à la main, à l'aide d'un petit tube en verre, ont été effectuées pratiquement toujours sur les mêmes troncs d'arbres, une fois par semaine, de juillet 1976 à juin 1979. Les deux pièges adhésifs lumineux utilisés, du type RIOUX et coll. (1969), étaient suspendus entre deux arbustes à environ un

TABLEAU II

Fréquence des espèces de *Phlébotomes* récoltées, à la main, dans la forêt de la Djoumouna de juillet 1976 à juin 1979 (pour les *S. bedfordi*, seules les femelles ont été prises en considération).

Espèces Mois	Nombre captures effectuées	<i>S. impudica</i>	<i>S. bedfordi ssp.</i>	<i>S. hamoni</i>	<i>S. bedfordi media</i>	<i>S. ingrami</i>	<i>S. africana africana</i>	<i>S. schwetszi</i>	<i>S. bedfordi firmata</i>
Juillet 1976	3	2	1		3				1
Août	7	7	3		1	1			
Septembre	4	4	2			1			
Octobre	6	5	3		2	2	1		
Novembre	6	5	3	4	2	2			
Décembre	4	4	1	4			1	1	
Janvier 1977	4	4	2	4					
Février	5	5	2	5	1	1			
Mars	3	3	2	3	1				
Avril	4	4	3	4	1	1			
Mai	5	5	5	5	5	1			
Juin	4	4	3	3	4				
Juillet	4	4			2	1			
Août	5	4	5		2				
Septembre	5	3	4		1				
Octobre	4	4	3						
Novembre	5	5	5	1	2				
Décembre	4	4	3	4					
Janvier 1978	5	5	3	5	3	2			
Février	4	4	4	3	3				
Mars	4	1	4		1	1			
Avril	4	4	4	4	2	1			
Mai	5	5	4	2	1				
Juin	4	3	4						
Juillet	4	1	4						
Août	5	1	4		1				
Septembre	4		3		1				
Octobre	5		5						
Novembre	4	4	2	3	2				
Décembre	4	3	4	3	2				
Janvier 1979	5	5	5	2	3	2			
Février	4	2	4	3	1				
Mars	4	3	4	4	1				
Avril	4	3	4	4	1	1	2	1	
Mai	4	2	4	4	2				
Juin	5	5	5	2	2		2	2	
Total	160	127	121	76	49	16	6	4	1
Fréquence		79,4 %	75,6 %	47,5 %	30,6 %	10,0 %	3,7 %	2,5 %	0,6 %

mètre au-dessus du sol, ils ont fonctionné deux fois par semaine d'avril 1977 à juin 1979.

RÉSULTATS

Le piégeage lumineux a fourni une plus grande diversité spécifique (20 espèces ou sous-espèces) que

le piégeage manuel (8 espèces ou sous-espèces). Toutefois son utilisation apparaît beaucoup moins fiable dans cette forêt qu'au village de Yaka-Yaka en raison de la très faible phototaxie positive de 3 des 4 espèces dominantes : *Sergentomyia bedfordi* ssp., *S. hamoni* (ABONNENC, 1958), et *S. bedfordi media* (KIRK et LEWIS, 1950). Seule, *S. impudica* (ABONNENC, 1967) conserve, avec ce type de piège, une abondance comparable à celle enregistrée pour

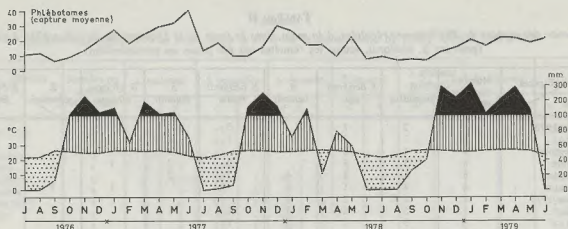


FIG. 1. — Fluctuations des captures de Phlébotomes dans la forêt-galerie de la Djoumouna en fonction des variations des paramètres climatiques.

les récoltes manuelles. En outre, deux espèces jamais observées au repos dans ce biotope, *S. ghesquierei* (PARROT, 1929) et *S. magna* (SINTON, 1932), mais très photophiles, viennent constituer 39 % des captures à la lumière. Aussi baserons-nous l'étude qui va suivre sur les résultats des chasses effectuées à la main, le matin.

RICHESSSE ET ABONDANCE

En trois ans, 2744 Phlébotomes appartenant à 8 espèces ou sous-espèces ont été capturés. Quatre prédominent (tabl. I) et constituent 98,8 % des récoltes, ce sont :

S. bedfordi ssp. (36,4 %, *S. impudica* (36,0 %), *S. hamoni* (21,4 %) et *S. bedfordi media* (5,0 %).

FRÉQUENCE

Comme pour les Phlébotomes de Yaka-Yaka, (TROUILLET, 1983), les fréquences des espèces capturées (tabl. II) amènent à envisager quatre groupes :

2 espèces très communes (2) :

S. impudica (79,4 %), *S. bedfordi* ssp. (75,6 %).

2 espèces communes :

S. hamoni (47,5 %), *S. bedfordi media* (30,6 %).

1 espèce rare :

S. ingrami (NEWSTEAD, 1914) (10,0 %).

3 espèces très rares :

S. africana africana (NEWSTEAD, 1912) (3,7 %), *S. schwetzi* (ADLER, THEODOR et PARROT, 1929) (2,5 %), *S. bedfordi firmata* (PARROT et MALBRANT, 1945) (0,6 %).

S. impudica, *S. bedfordi* ssp., *S. hamoni* et *S. bedfordi media* sont des Phlébotomes sylvoles que l'on rencontre dans les forêts des diverses régions du Congo.

S. ingrami est également inféodé à la forêt où il forme des populations de faible densité.

S. africana africana, *S. schwetzi*, *S. bedfordi firmata* sont des Phlébotomes de savane dont la présence dans cette forêt-galerie de faible superficie peut s'expliquer par une effet de lisière.

FLUCTUATIONS SAISONNIÈRES

En forêt, comme en savane, l'activité des Phlébotomes présente des fluctuations liées aux variations des paramètres climatiques (fig. 1).

S. impudica (fig. 2).

Cette espèce manifeste son activité maximale en saison des pluies avec une courbe à 2 clochers : l'un

(2) Nous distinguons :

— des espèces très communes : fréquence supérieure à 50 % ;
— des espèces communes : fréquence comprise entre 25 et 50 % ;
— des espèces rares : fréquence comprise entre 10 et 25 % ;
— des espèces très rares : fréquence inférieure à 10 %.

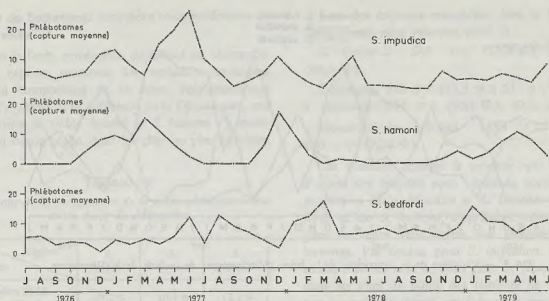


FIG. 2. — Fluctuations des trois espèces les plus abondantes de la forêt-galerie de la Djoumouna.

en fin de petite saison des pluies, l'autre en fin de grande saison des pluies. Les années de pluviosité normale, sa densité diminue en saison sèche, mais elle demeure présente. L'extrême sécheresse de 1978 a entraîné sa disparition en fin de grande saison sèche (septembre et octobre) et une réduction de sa densité pendant la saison des pluies suivante.

En Angola, les récoltes les plus importantes de cette espèce ont été effectuées en janvier-février (saison des pluies) (ABONNENC, 1967).

S. hamoni (fig. 2).

C'est l'espèce la plus sensible à la sécheresse. A la Djoumouna, elle disparaît dès le début de la saison sèche, et ne réapparaît que vers le milieu ou la fin de novembre, c'est-à-dire environ un mois après la reprise des précipitations. Cette absence temporaire a attiré notre attention sur la biologie de cette espèce et nous a permis de mettre en évidence une diapause au stade oeuf (TROUILLET et VATTIER-BERNARD, 1979).

Son activité en saison des pluies se caractérise pour elle aussi par 2 pics. Mais là encore les périodes sèches de 1978 ont produit leurs effets : la sécheresse de mars a empêché la réalisation du 2ème pic de

l'année 197-78, et le 1^{er} pic de l'année 1978-79 s'est vu réduit par la longue saison sèche qui l'a précédé. La littérature ne nous a rien appris sur la phénologie de cette espèce.

S. bedfordi (fig. 2).

Nous ne distinguerons pas les deux sous-espèces *ssp.* et *media* en raison de la trop faible densité de la seconde.

Présente toute l'année, c'est l'espèce qui, habituellement résiste le mieux à la sécheresse. Même si sa courbe de fluctuations est irrégulière, sa part dans la composition de la faune phlébotomienne de la Djoumouna (fig. 3) démontre sa nette prédominance pendant les périodes sèches. La sécheresse de 1978 a cependant beaucoup réduit la densité de sa population.

Au Soudan, dans la région de Paloich, *S. bedfordi* est une espèce rare mais présente toute l'année, elle n'est récoltée qu'en forêt ou près des réservoirs d'eau (QUATE, 1964). En Haute-Volta, les captures s'échelonnent de février à août (fin de saison sèche et début de saison des pluies) (ABONNENC et PASTRE, 1971); au Kenya les maxima se situent en mai, juin, juillet, août (saison sèche) (MINTER, 1964); en Gui-

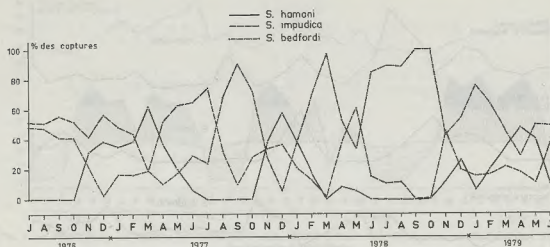


FIG. 3. — Variations de la composition de la faune phlébotomienne de la forêt de la Djoumoua.

née les récoltes les plus importantes ont été réalisées en mai et juin (début de saison des pluies) (ABONNENC et CLASTRIER, 1974).

S. ingrami.

La faible densité de la population des *S. ingrami* ne permet pas l'étude des fluctuations de cette espèce. En Haute-Volta, elle a été capturée toute l'année sauf en juin (ABONNENC et PASTRE, 1971).

Etudions maintenant les fluctuations de l'ensemble du peuplement phlébotomien de la forêt de la Djoumoua (fig. 1).

L'activité maximale se situe en saison des pluies, avec une courbe à deux pics pour les deux premières années. Ces deux pics sont séparés par la petite saison sèche, de situation et d'intensité très variables, qui divise la saison des pluies en deux périodes : la petite saison des pluies (novembre-décembre) et la grande saison des pluies (février-mars-avril).

En 1976-77 et 1977-78, le premier pic accompagne la fin de la petite saison des pluies et le second la fin de la grande saison des pluies. En 1978-79, le premier pic est peu accentué; il est fort possible que les populations de Phlébotomes de forêt, hygrophiles, aient été très affectées par l'exceptionnelle période sèche de mars 1978 et la très longue (5 mois au lieu de 4) et rude (tabl. III) saison sèche qui l'a suivie.

TABLEAU III

Comparaison de l'humidité relative, dans la forêt-galerie de la Djoumoua, lors des saisons sèches 1977 et 1978

Mois	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Année					
Saison sèche 1977	82,5 %	81,3 %	77,0 %	75,1 %	76,7 %
Saison sèche 1978	76,5 %	72,5 %	70,5 %	69,5 %	72,0 %

La petite saison sèche 1979 (février), demeurée une période très pluvieuse, n'a pas permis au second pic de s'individualiser.

Ces trois années d'observation nous conduisent aux remarques suivantes :

— les années de pluviosité normale, les fluctuations des populations de Phlébotomes de la forêt-galerie de la Djoumoua présentent deux pics : le premier en fin de petite saison des pluies, le second en fin de grande saison des pluies;

— *S. impudica* et *S. hamoni* manifestent leur activité maximale en saison des pluies. *S. hamoni* disparaît en saison sèche; il en est de même pour *S. impudica* dans le cas d'une sécheresse très accentuée;

— *S. bedfordi*, récolté toute l'année, montre une

courbe de fluctuations irrégulière mais prédomine en saison sèche.

Dans la forêt ombrophile du massif du Mayombe, ces 3 espèces montrent des variations analogues dans la composition de la faune phlébotomienne (tabl. IV). Mais, à la différence de la Djoumouna, une population de faible densité de *S. hamoni* s'y maintient en saison sèche, dans les gîtes les plus humides.

TABLEAU IV

Variations de la composition de la faune phlébotomienne de la forêt du Mayombe

Épécce	S.	S.	S.
Période	<i>bedfordi</i>	<i>hamoni</i>	<i>impudica</i>
Mars 1978 (saison des pluies)	48,2 %	26,4 %	12,1 %
Juillet 1978 (saison sèche)	71,8 %	3,2 %	5,2 %

SEX-RATIO

Les émergences expérimentales provenant de nos élevages ont donné les résultats suivants :

S. bedfordi (16 pontes) : 123 ♂♂ (37,5 %); 205 ♀♀ (62,5 %);

S. hamoni (83 pontes) : 526 ♂♂ (51,1 %); 503 ♀♀ (48,9 %).

Pour *S. impudica*, le nombre d'adultes obtenus est insuffisant pour permettre des déductions significatives

Lors des captures manuelles, dans la forêt de la Djoumouna, nous relevons (tabl. I) :

S. bedfordi : 585 ♂♂ (51,4 %); 554 ♀♀ (48,6 %);

S. hamoni : 314 ♂♂ (53,5 %); 273 ♀♀ (46,5 %);

S. impudica : 950 ♂♂ (96,1 %); 39 ♀♀ (3,9 %);

Ensemble des récoltes : 1854 ♂♂ (67,6 %); 890 ♀♀ (32,4 %).

Ces résultats tendent à prouver que les troncs d'arbres sur lesquels nous récoltons accueillent une proportion égale de mâles et de femelles de *S. bedfordi* et de *S. hamoni*, c'est-à-dire constituent des gîtes de repos sans doute peu éloignés des gîtes larvaires. Par contre, pour *S. impudica*, ces mêmes troncs d'arbres sont de bons gîtes de repos des mâles mais les gîtes de ponte des femelles ne se trouvent pas à proximité. Aussi, cette dernière espèce, est-elle responsable du sex-ratio si défavorable aux femelles pour l'ensemble des récoltes.

Les gîtes larvaires des deux premières espèces pourraient se trouver au pied des arbres ou dans la litière du sous-bois (nous avons récolté une larve du 1^{er} stade de *S. hamoni* sur une feuille en forêt de Bangou), tandis que ceux de *S. impudica* pourraient se localiser dans des terriers ou des trous du sol comme semblent l'indiquer certaines captures réalisées avec des pièges adhésifs.

Comme pour les espèces de savane, le sex-ratio augmente en saison sèche et diminue en saison des pluies pour l'ensemble des récoltes et pour *S. bedfordi* (tabl. V). Pour *S. impudica*, l'absence de fe-

TABLEAU V

Fluctuations saisonnières du sex-ratio

Saison	Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des pluies
Sex ratio	1976	1976-1977	1977	1977-1978	1978	1978-1979
Ensemble des récoltes	116 ♂♂, 26 ♀♀ (4,5)	740 ♂♂, 200 ♀♀ (3,7)	143 ♂♂, 55 ♀♀ (2,6)	221 ♂♂, 216 ♀♀ (1,0)	260 ♂♂, 130 ♀♀ (2,0)	303 ♂♂, 226 ♀♀ (1,3)
<i>S. bedfordi</i>	43 ♂♂, 23 ♀♀ (1,9)	80 ♂♂, 100 ♀♀ (0,8)	67 ♂♂, 54 ♀♀ (1,2)	59 ♂♂, 97 ♀♀ (0,6)	168 ♂♂, 119 ♀♀ (1,4)	141 ♂♂, 135 ♀♀ (1,0)

melles dans nos récoltes pendant deux saisons sèches ne nous permet pas de faire cette comparaison, il en est de même pour *S. hamoni* dont les représentants des deux sexes sont absents en saison sèche.

Pour l'ensemble des récoltes, le sex-ratio est très élevé, fortement influencé par nos captures de *S. impudica*. Cependant, les résultats précédents confirment nos conclusions concernant le peuplement phlébotomien de Yaka-Yaka, à savoir que les femelles, à la recherche d'un repas de sang, bravent plus que les mâles les mauvaises conditions météorologiques en saison des pluies, tandis que les mâles, plus mobiles, se déplacent davantage en saison sèche.

Phototaxe

Comme précisé précédemment 3 des 4 espèces les plus abondantes font preuve d'une très faible phototaxie positive. De même qu'à Yaka-Yaka, nous distinguons 3 groupes (tabl. VI) :

— *S. impudica*, *S. bedfordi*, *S. magna*, *S. schwetzi* : les femelles sont plus attirées que les mâles ;

— *S. hamoni* : les mâles sont plus attirés que les femelles ;

TABLEAU VI

Proportions de mâles et de femelles dans les captures au piège adhésif lumineux.

Espèces	Mâles	Femelles	χ^2
<i>S. impudica</i>	58 (12,2 %)	418 (87,8 %)	272,27 ⁽¹⁾
<i>S. bedfordi</i>	7 (10,0 %)	63 (90,0 %)	44,8 ⁽¹⁾
<i>S. hamoni</i>	17 (73,9 %)	6 (26,1 %)	5,26 ⁽³⁾
<i>S. ghesquieri</i>	36 (50,6 %)	33 (49,4 %)	0,03 ⁽⁴⁾
<i>S. magna</i>	46 (32,6 %)	95 (67,4 %)	17,03 ⁽¹⁾
<i>S. schwetzi</i>	4 (19,1 %)	17 (80,9 %)	8,05 ⁽²⁾

(1) valeur significative au risque de 1 % ;
 (2) valeur significative au risque de 1 % ;
 (3) valeur significative au risque de 5 % ;
 (4) valeur non significative.

— *S. ghesquieri* : mâles et femelles sont attirés dans les mêmes proportions.

Pour *S. impudica*, *S. bedfordi*, *S. schwetzi* et *S. ghesquieri*, nous obtenons une intéressante confirmation de nos résultats à Yaka-Yaka.

Les 23 *S. hamoni* capturés par piégeage lumineux n'apportent pas un résultat très convaincant. Les mâles, plus mobiles, sont peut être de ce fait plus prédisposés à se coller sur le piège adhésif lumineux.

Pour *S. magna*, le résultat est en contradiction avec celui de Yaka-Yaka où les mâles dominent, mais de façon modeste. Aussi avons-nous fait des réserves quant à une attraction différentielle en faveur des mâles. Ce résultat va dans le sens de ces restrictions, et chez cette espèce aussi, les femelles seraient plus photosensibles que les mâles.

IDENTIFICATION D'UNE NOMOCENOSE

Comme pour le peuplement de savane que nous avons étudié (TROUILLET, 1983), la distribution des abondances spécifiques a été ajustée au modèle de Motomura et au modèle de Preston.

AJUSTEMENT DU MODÈLE DE MOTOMURA (tabl. VII)

La droite de régression (fig. 4) a pour équation :

$$\log q_i = -0,57006 i + 3,92069$$

Le coefficient de corrélation linéaire est $r = -0,94234$ et la constante de Motomura $m = 0,26911$.

AJUSTEMENT DU MODÈLE DE PRESTON (tabl. VIII)

La droite de régression de $\log q_i$ en $P(k_i)$ (fig 5) a pour équation :

$$\log q_i = 1,35508 P(k_i) - 4,84995$$

Le coefficient de corrélation linéaire est $r' = 0,92495$ et la constante de Preston $m' = 0,54459$.

TABLEAU VII

Peuplement de la Djoumouna : ajustement du modèle de Motomura.

i	q_i	$\log q_i$	$\log q_i$ théorique	q_i théorique	$\log q_i$ ajusté	q_i ajusté
1 - <i>S. bedfordi</i>	1 139	3,05652	3,35062	2 241,9	3,30240	2 006,3
2 - <i>S. impudica</i>	989	2,99520	2,78056	603,3	2,73234	539,9
3 - <i>S. hamont</i>	587	2,76864	2,21050	162,4	2,16228	145,3
4 - <i>S. ingrami</i>	18	1,25527	1,64044	43,7	1,59222	39,1
5 - <i>S. africana</i>	6	0,77815	1,07038	11,7	1,02216	10,5
6 - <i>S. schwetzi</i>	5	0,69897	0,50032	3,2	0,45210	2,8
	2 744	11,55275	11,55282	3 066,2		2 743,9

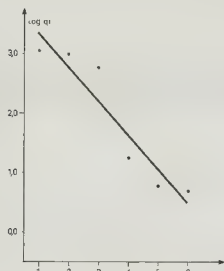
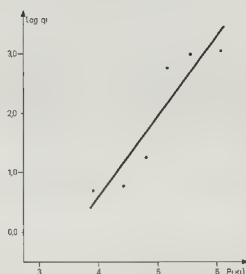
FIG. 4. — Peuplement de la Djoumouna. Modèle de Motomura
Droite de régression $\log q_i = -0,57006 i + 3,92069$.FIG. 5. — Peuplement de la Djoumouna. Modèle de Preston.
Droite de probits $\log q_i = 1,35508 P(K_i) - 4,84995$.

TABLEAU VIII

Peuplement de la Djoumouna : ajustement du Modèle de Preston.

i	K_i	q_i	$\log q_i$	$P(K_i)$	$\log q_i$ et q_i théoriques		$\log q_i$ et q_i ajustés	
1 - <i>S. bedfordi</i>	85,71	1 139	3,05652	6,0674	3,37186	2 354,3	3,32455	2 111,3
2 - <i>S. impudica</i>	71,43	989	2,99520	5,5660	2,69243	492,5	2,64512	441,7
3 - <i>S. hamont</i>	57,14	587	2,76864	5,1799	2,16923	147,6	2,12192	132,4
4 - <i>S. ingrami</i>	42,86	18	1,25527	4,8201	1,68167	48,0	1,63436	43,1
5 - <i>S. africana</i>	28,57	6	0,77815	4,4340	1,15847	14,4	1,11116	12,9
6 - <i>S. schwetzi</i>	14,29	5	0,69897	3,9327	0,47917	3,0	0,43186	2,7
		2 744				3 059,8		2 744,1

TABLEAU IX

Caractéristiques de la nomocénose de la Djoumouna de juillet 1976 à juin 1979.

Mois	juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Spécies	1977						1977											
<i>S. bedfordi</i>	16	39	11	23	20	2	18	15	14	12	28	48	13	63	45	28	22	7
<i>S. impudica</i>	17	42	15	29	35	47	53	41	14	61	100	106	41	30	5	11	26	44
<i>S. hamoni</i>					26	32	38	36	46	44	32	10					29	69
<i>S. ingrami</i>		1	1	3	2			1		1			1					
<i>S. africana africana</i>				1		1												
<i>S. schwetzi</i>						1												
Richesse	2	3	3	4	4	5	3	4	3	4	3	3	3	2	2	2	3	3
Densité (capture moyenne)	11,0	11,7	6,8	9,3	13,8	20,8	27,3	18,6	24,7	29,5	32,0	41,0	13,8	18,6	10,0	9,8	15,4	30,0
Diversité	1,00	1,08	1,17	1,35	1,67	1,29	1,47	1,55	1,33	1,42	1,33	1,17	0,91	0,91	0,47	0,86	1,58	1,23
Equitabilité (avec $\log_2$)	0,39	0,42	0,45	0,52	0,65	0,50	0,57	0,60	0,51	0,55	0,51	0,45	0,35	0,35	0,18	0,33	0,61	0,48

Mois	Janv. 1978	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc.	Janv. 1979	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	q_i	m
Spécies																				
<i>S. bedfordi</i>	51	48	69	31	31	27	33	31	34	22	33	77	42	40	25	37	53	1 139	31,64	
<i>S. impudica</i>	28	9	1	22	55	5	4	4		23	12	16	11	19	15	8	40	989	27,47	
<i>S. hamoni</i>	51	12		5						6	16	6	13	29	41	30	11	587	16,31	
<i>S. ingrami</i>		1	1									3			1			18	0,50	
<i>S. africana africana</i>																				
<i>S. schwetzi</i>															2	2		2	0,17	
																		5	0,14	
Richesse	4	3	3	4	3	2	2	2	1	1	3	3	4	3	3	6	3	5		
Densité (capture moyenne)	26,4	17,3	17,8	14,8	22,8	8,0	9,3	7,0	7,8	6,8	12,8	15,3	20,4	16,5	22,0	21,5	18,8	21,6	2 744	
Diversité	1,63	1,19	0,21	1,42	1,20	0,63	0,49	0,51	0,00	0,00	1,40	1,42	1,12	1,31	1,52	1,79	1,38	1,58		1,62
Equitabilité (avec $\log_2$)	0,63	0,46	0,08	0,55	0,46	0,24	0,19	0,20	0,00	0,00	0,54	0,55	0,43	0,51	0,59	0,69	0,53	0,61		0,63

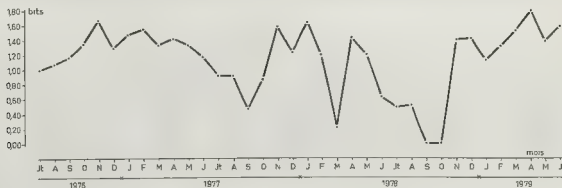


FIG. 6. — Peuplement de la Djoumouna : variations saisonnières de l'indice de diversité de Shannon.

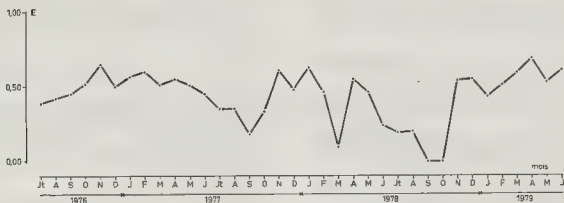


FIG. 7. — Peuplement de la Djoumouna : variations saisonnières de l'équité.

DIVERSITÉ (tabl. IX).

La diversité spécifique, calculée à l'aide de l'indice de Shannon ($I_{sh} = -\sum p_i \log_2 p_i$), est de 1,62 bits et l'équité est égale à 0,63. L'équité plus élevée qu'en savane (0,49) exprime un peuplement plus équilibré.

De même qu'en savane, la diversité minimale s'observe en saison sèche (fig. 6 et 7). Mais le petit nombre d'espèces de ce peuplement provoque des variations brutales de ces indices. Par exemple, en septembre et octobre 1978 ils se sont annulés du fait de la capture d'une seule espèce.

RICHESSE

De juillet 1976 à juin 1979, la richesse spécifique a varié entre 1 et 6 espèces. Elle a atteint son niveau le plus bas en fin de saison sèche.

DENSITÉ (tabl. IX)

Elle a été appréciée en nombre moyen d'individus par capture. Elle décroît nettement en saison sèche et passe par un minimum en fin de saison sèche.

CONCLUSION

Le peuplement de la forêt de la Djoumouna, avec comme espèces principales, *S. impudica*, *S. bedfordi*

ssp., *S. hamoni*, *S. bedfordi media*, *S. ingrami*, présente une courbe annuelle de fluctuations à deux clochers, l'un en fin de petite saison des pluies, l'autre en fin de grande saison des pluies. C'est *S. bedfordi* qui prédomine en saison sèche, alors qu'on observe les populations les plus nombreuses de *S. impudica* et *S. hamoni* en saison des pluies.

L'ajustement du modèle de Motomura est un peu plus précis que celui du modèle de Preston, probablement en raison du faible nombre d'espèces de cette nomocénose.

BIBLIOGRAPHIE

- ABONNENC (E.), 1958. — Sur *Phlebotomus simillimus* Newstead, 1914, et ses variétés. *Archs Inst. Pasteur Algér.*, 36, 328-338.
- ABONNENC (E.), 1967. — *Les Phlébotomes de l'Angola*. Publ. cult. comp. Diamantes Angola, 57-121.
- ABONNENC (E.), 1972. — *Les Phlébotomes de la région éthiopienne* (Diptera, Psychodidae). *Mém. O.R.S. T.O.M.*, 55, 289 p.
- ABONNENC (E), CLASTRIER (J.), 1974. — Phlébotomes de la République de Guinée (Diptera, Psychodidae). *Israel Journal of Entomology*, 9, 55-72.
- ABONNENC (E.), PASTRE (J.), 1971. — Phlébotomes de la Haute-Volta (Diptera, Psychodidae). Notes biologiques. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 9, 387-416.

- ADLER (S.), THEODOR (O.), PARROT (L.), 1929. — Phlébotomes du Congo Belge. *Revue Zool. Bot. afr.*, **17**, 72-89.
- DAGET (J.), 1979. — *Les modèles mathématiques en écologie* (2^e tirage). Masson, Paris, 172 p.
- KIRK (R.), LEWIS (D.J.), 1950. — Three new sandflies (*Phlebotomus*) from East Africa. *Proc. R. ent. Soc. Lond.*, (B), **19**, 11-13.
- MINTER (D.M.), 1964. — Seasonal changes in populations of phlebotomine sandflies (*Dipt.*, *Psychodidae*) in Kenya. *Bull. ent. Res.*, **55**, 421-435.
- MOTOMURA (I.), 1932. — Etude statistique de la population écologique (en nippon). *Doobutugaku Zasshi*, **44**, 379-383.
- MOTOMURA (I.), 1936. — Populations d'*Ostrea spinosa* (en nippon). *Seitaiigaku Kenkyuu*, **1**, 55-62.
- NEWSTEAD (R.), 1912. — Notes on *Phlebotomus*, with descriptions of new species. Part. I. *Bull. ent. Res.*, **3**, 361-367.
- NEWSTEAD (R.), 1914. — Notes on *Phlebotomus*, with descriptions of new species. Part. III. *Bull. ent. Res.*, **5**, 179-192.
- PARROT (L.), 1929. — Sur un autre Phlébotome nouveau du Congo Belge, *Phlebotomus ghesquieri* n. sp. *Revue Zool. Bot. afr.*, **18**, 90-91.
- PARROT (L.), MALBRANT (R.), 1945. — Notes sur les Phlébotomes. XLVII. Phlébotomes du Moyen-Congo. *Archs. Inst. Pasteur Algér.*, **23**, 121-127.
- PRESTON (F.W.), 1948. — The commonness and rarity of species. *Ecology*, **29**, 254-283.
- PRESTON (F.W.), 1962. — The canonical distribution of commonness and rarity. *Ecology*, **43**, 185-215 et 410-432.
- QUATE (L.W.), 1964. — *Phlebotomus* sandflies of the Paloich area in the Sudan. (*Diptera* : *Psychodidae*). *J. med. Ent.*, **1**, 213-268.
- RIOUX (J.A.) GOLVAN (Y.J.), CROSET (H.), TOUR (S.), HOUIN (R.), ABONNENC (E.), PETITDIDIER (M.), VOLHARDT (Y.) DEDET (J.P.), ALBARET (J.L.), LANOTTE (G.), QUILICI (M.), 1969. — *Epidémiologie des Leishmanioses dans le Sud de la France*. Monographie de l'I.N.S.E.R.M., 37, Paris, 221 p.
- SINTON (J.A.), 1932. — Some further records of *Phlebotomus* from Africa. *Indian J. med. Res.*, **18**, 171-193.
- TROCHAIN (J.L.), 1957. — Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale. *Bull. Inst. Etud. centrafr.*, n^{lle} série, **13-14**, 55-93.
- TROUILLET (J.), 1983. — Recherches bio-écologiques dans la région de Yaka-Yaka (Congo). IV. Structure et variabilité d'un peuplement de Phlébotomes de savane (*Diptera*, *Psychodidae*). *Bull. Soc. Entom.*, **14**, 1-24.
- TROUILLET (J.) VATTIER-BERNARD (G.), 1979. — Cycle annuel de *Sergentomyia hamoni* (Abonnenc, 1958) (*Diptera*, *Phlebotomidae*) en République Populaire du Congo. *Annls. Parasit. fum. comp.*, **54**, 665-672.
- TROUILLET (J.), MAKANY (L.), CROS (B.), GRILLOT (J.P.), 1976-1977. — Recherche bio-écologiques dans la région de Yaka-Yaka (Congo) I. Présentation du milieu. *Annls Univ. Brazzaville*, **12-13** (c), 115-147.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE D'UNE SÉQUENCE MAJEURE DU DYNAMISME VÉGÉTAL DANS L'ÉTAGE MONTAGNARD GRANITIQUE DU MASSIF CENTRAL (CANTAL)

par Bernard DOCHE

Laboratoire de Botanique et de Biologie Végétale de l'Université de Grenoble I
et Laboratoire « Ecologie et Biogéographie des grands systèmes montagneux »
associé au CNRS (LA 242) B.P. 68, 38402 Saint Martin d'Hères Cedex (France)

RÉSUMÉ

L'évolution de la végétation a été étudiée et les chronoséquences végétales cartographiées de 1948 à 1980 afin de préciser les vitesses de colonisation et de succession des groupements végétaux sur les pelouses abandonnées de l'étage montagnard granitique (Cantal). Dans la séquence majeure, la lande à *Calluna vulgaris* exerce sur la communauté végétale une domination que seule la Pinède à *Pinus silvestris* peut rapidement affaiblir en étioquant puis en éliminant photiquement l'*Ericacée*. Les vitesses de colonisation et la densité des peuplements de résineux dépendent de l'âge, de la structure et du recouvrement des *Callunaies* colonisées. Ces Pinèdes nécessaires à la régénération du Hêtre évoluent ensuite vers la Hêtraie climatique.

SUMMARY

The evolution of the vegetation during the period 1948-1980 has been studied in an experimental area located in abandoned meadows of granitic montane level (Cantal, Massif Central, France). The vegetal-chronosequences have been mapped in order to know accurately colonization and succession rates of Plant-communities. The *Calluna vulgaris* heathland is dominating on the pioneer plant community. Nevertheless the establishment of *Pinus silvestris* is possible; this species can eliminate rapidly *Calluna vulgaris* by shading. Colonization rate and densities of coniferous-forests are depending on age, structure and cover of the colonized heathland. The first establishment of a *Pinus silvestris* Forest is necessary to allow the *Fagus silvatica* development and the evolution to the Beech-Forest.

INTRODUCTION

L'étude synchronique de groupements végétaux à succession prévisible a permis d'établir, pour l'Aubrac montagnard, un schéma précis de la dynamique végétale sur granite et sur basalte et de montrer

l'influence des variables écologiques sur ce dynamisme (DOCHE, 1982). Dans le présent article, nous étudions l'évolution végétale sur un site, entre 1948 et 1980, et précisons les vitesses de colonisation des groupements végétaux se succédant sur granite.

La connaissance des mécanismes et des vitesses d'évolution a permis la réalisation d'une carte des

chronoséquences, expression cartographique du dynamisme végétal pour une période donnée. Chaque chronoséquence est définie par un ensemble de groupements végétaux se succédant sur un même territoire dans un intervalle de temps donné.

I. — MÉTHODE D'ÉTUDE

Nos travaux antérieurs sur l'Aubrac montagnard granitique nous ont permis de localiser des sites à interprétation phytodynamique possible sur 30 ans grâce aux techniques de la photointerprétation. Le site étudié a été choisi de superficie restreinte afin que les conditions de milieu soient les plus uniformes possible. La présence de tous les groupements évolutifs, de la pelouse à la Hêtraie proclimacique, et d'une mosaïque de Pinèdes physiologiquement et floristiquement différentes en 1980, corroborent l'intérêt de ce site pour l'étude de la séquence jusqu'au climax.

Les états de la végétation en 1948, 1956, 1966 et 1977 ont été étudiés grâce aux techniques de la photointerprétation, connaissant la structure, la composition floristique et le degré d'évolution des groupements végétaux en place en 1980. Ces cartes visualisent respectivement 8, 18 et 32 ans après l'année 1948 prise comme référence (première mission aérienne panchromatique disponible), l'évolution de la végétation en chaque point du site et la vitesse de colonisation des parcelles tout en précisant la proximité des espèces ou groupements capables d'orienter, freiner ou accélérer la recolonisation. La comparaison de ces cartes de végétation à l'échelle du parcellaire nous a permis de regrouper les surfaces sur lesquelles le dynamisme végétal s'est manifesté sur 30 ans par une même succession de stades évolutifs; un groupement physiologiquement et floristiquement homogène caractérise ces parcelles en 1980. Chaque chronoséquence ainsi cartographiée constitue une partie ou variante de la séquence majeure.

LIMITES DE LA MÉTHODE.

La lente régression de la pression pastorale sur les pelouses et l'existence d'un pâturage extensif ponctuel non quantifiable dans quelques groupements végétaux ouverts freinent le dynamisme de la végétation sur certaines parcelles; l'influence de ces variables sur la recolonisation est difficilement appréciable.

La vitesse de colonisation d'une Callunaie par des pionniers ligneux situés dans l'environnement immédiat est d'autant plus rapide que la strate à Chaméphytes n'est pas trop dense. Si la photographie aérienne permet d'évaluer le recouvrement des Chaméphytes, la composition floristique des groupements cartographiés est extrapolée à partir des relevés effectués en 1980; la domination exercée par la Callunaie sur la communauté végétale est donc imprécise.

Le dynamisme des peuplements forestiers transitoires n'est que rarement discernable en 30 ans, sauf lorsque la Pinède se ferme ou s'éclaircit ou que le Hêtre apparaît dans la strate arborescente, ce qui est visible sur les photographies aériennes. Ce sont donc les relevés floristiques qui ont permis de comparer en 1980 le degré de développement de ces Pinèdes résultant du dynamisme végétal sur des parcelles aux stades pelouses ou landes plus ou moins arborées en 1948.

L'évolution vers le climax de ces formations résineuses nécessite plusieurs décennies. Le manque d'informations concernant l'âge et le sous-bois des Pinèdes en 1948 ne permet pas de cerner l'évolution de ces groupements jusqu'en 1980. Seul le degré de développement d'une strate de feuillus en sous-bois renseigne sur le dynamisme de ces Pinèdes.

Enfin la diversité et la complexité des phénomènes induisant la dynamique végétale en chaque point du site rendent impossible la prise en considération de l'influence de tous les facteurs et variables écologiques. Sous l'action du vent, le fort pouvoir de dispersion des pionniers capables de constituer des peuplements rend dérisoire le rôle des animaux dans la

dissémination de ces ligneux, contrairement au rôle qu'ils sont susceptibles de jouer dans l'ensemencement en Hêtre des Pinèdes, ce que nous n'avons pu quantifier.

II. — PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU TERRITOIRE D'ÉTUDE

Situé sur les communes de la Trinitat et de Jabrun (Cantal), le site du Puy Fageoles et son environnement couvrent, sur granite porphyroïde, 530 hectares répartis entre 1080 et 1146 m d'altitude (carte I.G.N. Nasbinals à 1/50 000). Une succession de croupes mollement ondulées et de dépressions humides caractérise la topographie. Trois fermes isolées sont dans l'environnement immédiat du site étudié.

A. CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES ET ÉDAPHIQUES.

Les précipitations annuelles qui décroissent d'Ouest en Est sur le plateau sont de l'ordre de 1000 à 1200 mm sur le site étudié. Elles ont une répartition saisonnière régulière avec cependant un 1^{er} maximum en hiver puis en automne, ce qui indique une tendance atlantique pour ce climat montagnard (exemple : pour la station des Deux Verges (1021 m d'altitude) située à 7 kilomètres au Nord-Est du « Puy Fageoles », les précipitations annuelles moyennes, pour la période 1965-1973, furent de 1034 mm réparties à raison de 267 mm en automne, 272 mm en hiver, 248 mm au printemps et 247 mm en été).

Les conditions climatiques sont relativement rudes, caractérisées par des hivers longs et froids (5 mois d'enneigement annuel), des brouillards fréquents en toute saison ainsi que par une action continue et régulière des vents.

Les sols formés sous climat froid sont tous acides; les pelouses ont un dense feutrage racinaire protégeant le sol des agressions climatiques brutales (orages) et donnant aux horizons supérieurs une

meilleure résistance contre les effets du surpâturage. Une accumulation de matière organique sous forme de litière caractérise les humus sous les Callunaies et les Pinèdes; des travaux sont en cours pour préciser si ces groupements transitoires induisent des migrations, voire même un début de podzolisation, suivant leur temps de présence sur les parcelles et si le développement du Hêtre sous les résineux modifiera la pédogénèse ultérieure.

Ces profils pédologiques sur arène granitique sont très vite égouttés après les pluies et deviennent souvent déficitaires en eau. Des sols bruns acides avec quelques inclusions de sols bruns ocreux et ocres podzoliques sous végétation acidifiante caractérisent les surfaces drainées favorables à une reconquête par les groupements forestiers.

B. — LE DÉCLIN DES ACTIVITÉS HUMAINES ET PASTORALES.

L'exode rural déjà amorcé avant la seconde guerre mondiale dans les 2 communes concernées s'est amplifié à partir de 1945 (360 habitants peuplaient la commune de la Trinitat en 1841, 207 en 1946, 118 en 1968 et seulement 58 habitants en 1982, soit une variation négative de cette population de 72 % entre 1946 et 1982).

Une régression des labours au profit des zones pâturées a eu lieu au début du siècle pour atteindre, avant 1948, une surface minimale de terres labourées qui est restée stable jusqu'en 1980. Quant au pâturage bovin, il est progressivement devenu exclusif sur le site en se substituant à un pâturage ovin arrêté bien avant 1948.

La maîtrise des ligneux sur la pelouse implique une charge bovine minimale d'environ 0,9 Unité Gros Bovin à l'hectare pendant 4 à 5 mois ainsi qu'une conduite du troupeau sur l'herbage.

L'abandon de la traite pour le système de manade sur quelques pelouses a eu pour conséquence la disparition du parc de traite qui, déplacé régulièrement, permettait un amendement naturel régulier du terrain.

L'installation de clôtures pour remplacer l'ancien rôle du parc de traite ou les effets bénéfiques d'une surveillance régulière progressivement abandonnée fut insuffisante; la dynamique des ligneux a ainsi été favorisée par une pression pastorale bovine devenue extensive.

En 1980, les hommes luttent encore localement contre cet envahissement des ligneux par un pâturage intensif ou par un épandage d'engrais calcaire; le passage du feu permet d'éliminer certaines landes en place. Les surfaces encore soumises à une influence humaine intensive (pelouses, rares cultures) ou extensive (landes pâturées) coïncident avec les terrains les plus productifs, faciles d'accès ou proches d'une exploitation.

III. — ESSAI D'INTERPRÉTATION PHYTODYNAMIQUE

A. — CARACTÉRISTIQUES DE LA SÉQUENCE MAJEURE.

La séquence de la pelouse au climat passe par une première formation transitoire, la Callunaie. Le Pin sylvestre participe à l'évolution de la lande, celle-ci étant d'autant plus vite éliminée que la densité du peuplement de résineux est élevée. Sous ce second groupement transitoire, l'ambiance forestière devient progressivement favorable aux Hêtres climaciques.

La Pinède à sous-bois de Hêtre ou la Hêtraie-Pinède constitue le plésioclimax au sens de REY (1960), c'est-à-dire l'état de la végétation après un abandon de 100 ans pendant lequel l'homme n'intervient pas. La séquence s'identifie à la série acidiphile du Hêtre car une Hêtraie floristiquement pauvre à *Vaccinium myrtillus* et *Deschampsia flexuosa* (*Fageto-Deschampsietum*, LEMÉE 1959) se substitue progressivement à la Pinède.

B. — INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT VÉGÉTAL SUR L'ÉVOLUTION DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX SÉ- QUENTIELS.

Si plusieurs pionniers ligneux se trouvent dans le proche environnement de la pelouse abandonnée, le

groupement colonisateur sera dominé par l'espèce ayant les plus grandes facultés de reproduction et de dissémination. Les autres pionniers feront alors évoluer plus ou moins vite le groupement végétal en place.

1) Evolution des pelouses.

Calluna vulgaris, *Cytisus scoparius* et *Pinus silvestris* sont des pionniers capables de constituer de véritables peuplements sur les pelouses abandonnées où se développe *Deschampsia flexuosa*.

L'Ericacée est l'espèce la mieux adaptée au froid, aux vents et à la sécheresse édaphique. Elle est aussi favorisée par des capacités d'auto-défense (morphologie des plants, inhibition racinaire, monopolisation de l'eau dans les horizons supérieurs, résistance au piétinement, bonne régénération végétative). En se propageant rapidement en tout point du territoire abandonné, elle constitue des peuplements exerçant une forte domination sur la communauté herbacée qui s'appauvrit en espèces. Elle recolonise aussi rapidement les parcelles qui ont été brûlées volontairement par l'homme afin de l'éliminer.

Cytisus scoparius et *Pinus silvestris* ne concurrencent *Calluna vulgaris* sur la pelouse que dans l'environnement immédiat de leurs semenciers, formant alors des groupements mixtes à évolution plus rapide que les landes à Ericacées.

2) Evolution des landes.

Les Callunaies sont souvent des mosaïques de plants d'âges différents résultant d'une lente colonisation liée à une diminution progressive de la pression pastorale. Leur résistance à l'implantation d'autres pionniers ligneux est d'autant plus marquée que le peuplement de Callune est dense et que le nombre de plants sénescents est faible.

Lorsqu'elles sont éloignées des résineux, la composition floristique des Callunaies non pâturées évolue avec la sénescence; des « places vides » apparaissent progressivement et ces groupements s'enrichissent

en *Genista pilosa*, et même en *Vaccinium myrtillus* dans le cas de landes très âgées (recouvrement par les Chaméphytes de 100 %). L'arrivée, à proximité du front de la Pinède ou de résineux isolés permettra une très lente évolution vers une lande boisée puis vers une Pinède claire à Chaméphytes.

Cette dynamique des résineux est visible sur les différentes couvertures aériennes. En 1948, les Callunaies distantes d'environ 500 m du front de la Pinède, sont, en 1980, en cours de colonisation par le Pin sylvestre. Pendant cet intervalle de temps, un pâturage extensif a empêché la fermeture totale de la lande, ce qui explique sa rapide et dense colonisation actuelle par le résineux.

L'implantation de *Cytisus scoparius* dans la Callunaie indique, en l'absence de résineux, un lent dynamisme de la végétation. Des Cytisiaies se substituent parfois directement au stade pelouse, empêchant ainsi la prolifération de *Calluna vulgaris*; l'évolution directe de ces landes à légumineuses en Hêtraie climacique reste à préciser.

3) Evolution des Pinèdes.

De la densité du couvert arborescent dépendent la structure et la composition floristique des Pinèdes. Les jeunes formations arbustives de résineux tendent à se fermer par cicatrization des milieux ouverts ou à s'éclaircir par élimination des plants dominés dans les peuplements denses.

Les landes boisées, les Pinèdes arbustives claires (900 à 1500 plants par hectare) résultent d'une lente colonisation des Callunaies par *Pinus sylvestris*. La vitesse d'évolution de ces groupements est fonction de l'emprise exercée par la strate à Chaméphytes. Sous les Pins isolés, non élagués, des espèces ligneuses, herbacées et muscinales se substituent, en fonction de l'éclaircissement, à *Calluna vulgaris*. *Sorbus aria*, *Sorbus aucuparia*, plus rarement *Betula alba* et *Fagus sylvatica* participent, avec *Pinus sylvestris* à la fermeture de la parcelle. *Vaccinium myrtillus*, divers *Rubus sp.* et *Genista sp.* se substituent alors à *Calluna vulgaris* créant un groupement plus favorable à la germination et à la croissance du Hêtre. Avec le développement

du couvert arborescent, une litière d'aiguilles en mosaïque avec une strate herbacée et muscinale remplace les Chaméphytes.

G. LONG et Ph. DAGET (1965) ont observé en Margeride, entre 1100 et 1200 m d'altitude, des reboisements spontanés en Pin sylvestre sur d'anciennes cultures. Cinq ans après l'abandon, 75 000 plants par hectare occupent la parcelle; cette densité s'abaisse à 50 000 plants par hectare après 10 ans pour atteindre 25 000 tiges par hectare, dont 16 000 vivantes, dans un perchis de 20 à 25 ans. McQUEEN (1966) a observé sur 3 hectares que la densité de Pins d'un jeune gaulis de 7 à 10 ans, haut de 2 à 4 m et résultant de la colonisation d'anciennes cultures et jachères pâturées à 1140 m d'altitude, varie de 18 550 à 35 000 arbres par hectare.

Sur notre site le taux de boisement des gaulis de résineux âgés de 10 à 15 ans et résultant d'une colonisation de jeune Callunaie peut osciller par contre entre 7 000 et 15 000 plants par hectare (18 600 au maximum dont 9 300 arbres morts). Dans les perchis de 20 à 30 ans ce taux n'est plus que de 2 000 à 4 000 plants par hectare.

La densité de résineux colonisant une Callunaie reste donc toujours très inférieure au taux de boisement résultant d'une colonisation spontanée d'anciennes cultures ou de jachères pâturées.

Dans les jeunes peuplements de résineux où les Chaméphytes sont totalement éliminés, la concurrence vitale pour la lumière tend à éclaircir la formation en éliminant les sujets dominés (ex : 1 009 plants par hectare sur 2 846 sont morts dans un perchis de 25 à 30 ans). Cette compétition intraspécifique conduit à l'installation d'une futaie équienne de Pin sylvestre si la colonisation s'est faite rapidement. Avec des semenciers de Hêtre dans l'environnement immédiat, la germination de *Fagus sylvatica* s'intensifie avec l'éclaircissement du peuplement de résineux. Puis les Hêtres se développent créant progressivement une ambiance forestière de feuillus sous la futaie résineuse.

Depuis ces Pinèdes à sous-bois de Hêtre, les résineux colonisent les Callunaies et préparent le terrain aux feuillus à pouvoir de dissémination plus

limité. La lente progression de *Fagus sylvatica* par rapport à *Pinus silvestris* accroît d'année en année l'écart entre les fronts de colonisation des deux Phanérophytes. Des formations résineuses pionnières trop distantes des feuillus semenciers ont alors leur sous-bois colonisé par des Chaméphytes lorsque la strate dominante s'éclaircit.

4) Evolution des milieux humides.

Avec une échelle de temps bien supérieure, l'exhaussement des milieux tourbeux se caractérise par l'apparition de buttes à *Polytrichum sp.* ensuite colonisées par *Calluna vulgaris* puis par *Betula alba* et surtout par *Pinus silvestris*. Dans la végétation potentielle la place du résineux se limiterait aux zones marécageuses et tourbeuses (DAGET Ph., 1979).

C. — VITESSES D'ÉVOLUTION DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX SÉQUENTIELS.

Si l'absence de recolonisation est liée à une pression pastorale ou humaine, le faible dynamisme de la végétation sur certaines parcelles s'explique par l'absence de Phanérophytes semenciers à proximité, par un pâturage extensif ou par une forte résistance du groupement colonisé (Callunaie fermée). Dans le même intervalle de temps d'autres parcelles ont évolué rapidement vers une formation boisée transitoire.

Trois ans après le passage du feu allumé afin d'éliminer les Chaméphytes, l'arrêt du pâturage sur une pelouse située à proximité d'une Pinède à sous-étage de Hêtre a pour conséquence l'implantation, en 5 à 8 ans d'une Callunaie parsemée de quelques semis de Pins. Le résineux peut éliminer photiquement cette lande encore jeune par un dense gaulis en 10 à 15 ans, constituant, 25 à 30 ans après l'arrêt de la pression pastorale, une formation arbustive de 2 000 à 4 000 plants par hectare. La densité des jeunes plants de Hêtre reste fortement dépendante de la proximité des semenciers et du couvert arborescent. La vitesse d'installation d'une strate arbustive de

feuillus sous la Pinède n'a pu être précisée; dans les meilleurs cas, si en un siècle une Hêtraie-Pinède occupe la parcelle, 50 à 100 années supplémentaires semblent nécessaires à l'installation d'une Hêtraie proclimacique.

En 5 ans, *Pinus silvestris* ou *Cytisus scoparius* forment des peuplements denses sur des parcelles anciennement cultivées; le brassage des horizons supérieurs du sol est défavorable à l'implantation d'une Callunaie.

Sur les coupes à blanc-étoc de Pinède, le résineux peut s'installer en masse et constituer en 10 ans une formation arbustive difficilement pénétrable. Avec un environnement végétal diversifié, divers pionniers ligneux prolifèrent, ralentissant par leur couvert l'implantation du résineux; *Pteridium aquilinum*, *Rubus sp.*, *Cytisus sp.*, *Juniperus communis* et des Chaméphytes laissent de place en place pousser le Pin sylvestre et quelques feuillus participant à la fermeture progressive de la strate dominante, ce qui nécessite souvent plus de 30 ans.

CONCLUSION

L'expression cartographique du dynamisme de la végétation pour une période donnée (carte des chronoséquences) permet, par l'étude analytique qu'elle nécessite, d'approfondir la notion de série de végétation en précisant les mécanismes, les vitesses d'évolution et les différentes séquences s'articulant autour d'une séquence majeure.

Dans la série acidiphile du Hêtre sur les granites de Margeride, l'abandon par l'homme des pelouses peu productives, conséquence directe de l'exode rural, fournit des terrains propices pour le développement des Callunaies que seules les Pinèdes à *Pinus silvestris* peuvent éliminer, plus ou moins rapidement en fonction de l'âge, de la structure et de la densité de la strate chaméphytique.

En revanche l'absence de *Pinus silvestris* à l'état spontané au-dessus de 1300-1400 m et dans les

régions du Massif Central montagnard où se manifeste un climat à forte tendance océanique constitue un handicap pour l'évolution rapide des Callunaies vers un stade forestier; la nature des groupements végétaux séquentiels tendant vers l'installation du climax et leur vitesse de substitution restent à préciser dans ces régions.

BIBLIOGRAPHIE

- BARCLAY-ESTRUP (P.) et GIMINGHAM (C.H.), 1969. — The description and interpretation of cyclical processes in a heath community. I. Vegetational change in relation to the Calluna cycle. *J. Ecol.*, **57**, p. 737-758.
- BAUDIÈRE (A.), 1970. — *Recherches phytogéographiques sur la bordure méridionale du Massif Central (les Monts de l'Espinouze)*. II. Les landes et les groupements édaphiques. Thèse d'Etat, Univ. Montpellier, p. 319-567.
- BAUDIÈRE (A.), 1973. — Les Callunaies des Monts de l'Espinouze (Cévennes occidentales) et leurs relations avec les groupements sylvatiques. In J.M. Gehu, *Colloques Phytosociologiques*. II. La végétation des landes d'Europe occidentale. Lille, J. Gramer Ed., p. 97-126.
- BOULLARD (B.) et MOREAU (R.), 1962. — *Sol, microflore et végétation*. Masson Ed., Paris, 172 p.
- BOULLARD (B.), 1964. — Mycorhizes et reboisement des landes à *Calluna vulgaris*. *Rev. Forest. Fr.*, (2), p. 140-143.
- DAGET (Ph.), 1979. — Etudes sur la végétation du Massif Central. III. Place du Pin sylvestre dans le climax du Hêtre en Margeride. *Bull. Ecol.*, **10**, (4), p. 315-325.
- DOCHE (B.), 1976. — L'Aubrac; analyse des relations entre le milieu naturel et son utilisation par l'homme. *Doc. Cart. Ecol.*, **18**, p. 57-76.
- DOCHE (B.), 1982. — Contribution à l'étude du déterminisme de la dynamique végétale; cas de l'Aubrac montagnard. *Doc. Cart. Ecol.*, **25**, p. 23-50.
- GIMINGHAM (C.H.), 1978. — *Calluna and its associated species: some aspects of coexistence in communities*. *Vegetatio*, **36**, (3), p. 179-186.
- GUINIER (Ph.), 1956. — Arbres et forêts du Massif Central (Notes botaniques et forestières). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **103**, p. 95-114.
- GODRON (M.) et POISSONET (J.), 1972. — Quatre thèmes complémentaires pour la cartographie de la végétation et du milieu. *Bull. Soc. Langued. Géogr.*, **6**, (3), p. 329-356.
- LOISEAU (P.) et MERLE (G.), 1981. — Production et évolution des landes à *Calluna* dans la région des Dômes (Puy-de-Dôme). *Acta Oecol., Oecol. Appl.*, **2**, (4), p. 283-298.
- LONG (G.) et DAGET (Ph.), 1965. — Contribution à l'étude écologique du massif de la Margeride. Observations sur la pédogenèse et le dynamisme de la végétation sur les granites. *Ann. Agron.*, **16**, (4), p. 401-432.
- MCQUEEN (D.R.), 1966. — *La répartition quantitative des racines absorbantes de Pin sylvestre et de Hêtre d'une série évolutive naturelle en Margeride (Massif Central)*. CNRS, CEPE, Doc. n° 27, 163 p.
- MARQUESTAUT (J.), 1972. — L'Epicéa commun et les engrais chimiques dans le Massif Central. *Ann. Rech. Sylv.*, Association Forêt-Cellulose, p. 11-89.
- ROBINSON (R.K.), 1972. — The production by roots of *Calluna vulgaris* of a factor inhibitory to growth of some mycorrhizal fungi. *J. Ecol.*, **60**, (1), p. 219-224.

ÉROSIONS ANCIENNES ET ACTUELLES SUR LES PENTES DE SABLE EN FORÊT DE FONTAINEBLEAU

par Georges LEMÉE
*Laboratoire d'Ecologie Végétale,
Université de Paris-Sud, 91405 Orsay.*

RÉSUMÉ

Les érosions par ruissellement anciennes et actuelles sur les pentes de sable de Fontainebleau sont de nature différente. Les érosions anciennes ont consisté en déplacements en nappe après incendies, suivies de phases de stabilisation pendant lesquelles se sont développés des podzols de lande. La granulométrie des couches sableuses, la morphologie et la palynologie des profils pédologiques ont permis de proposer une reconstitution de ces processus depuis la période atlantique.

Les érosions actuelles affectent les sentiers par concentration du ruissellement dans ceux-ci. Un exemple de l'évolution du profil transversal d'une ravine depuis le sommet jusqu'à la base d'un versant est décrit.

SUMMARY

Title: Past and recent erosions on stampian sand slopes in Fontainebleau forest.

Past and recent rain water erosions on sand slopes at Fontainebleau are entirely different in nature. The old erosions consisted of sand movements in large sheets after fires, followed by stable phases during which heath podzols have developed. Granulometry, morphology and palynology of the sandy layers have allowed us to reconstitute the evolution dating from the atlantic climatic period.

The recent and actual erosions have an effect on the footpaths because of their tendency to collect water streaming. An example of the evolution in transversal profiles from the beginning to the base of the slopes in gullies is described.

INTRODUCTION

Les pentes de sables stampiens, dits de Fontainebleau, couvrent de grandes surfaces dans le massif forestier de ce nom. Dès la préhistoire, ces pentes, soumises aux déboisements et aux incendies, ont été exposées à l'érosion pluviale. Actuellement, les efforts de reboisement et de lutte contre le feu sont relayés par la fréquentation touristique intense sur certains de ces versants qui, lorsqu'ils sont couverts

de blocs rocheux éboulés de la table de grès qui les surplombe, sont d'un attrait particulier pour les promeneurs ainsi que pour l'entraînement à l'escalade. Parmi les zones les plus touchées par les phénomènes érosifs actuels se trouve celle des gorges d'Apremont, à l'Est de Barbizon, où des observations ont été publiées en 1977 (GUIRAL *et al.*). C'est dans cette même zone qu'a été faite la présente étude.

Il s'agit d'un versant d'exposition nord couronné par une étroite platière de grès et longé à sa base

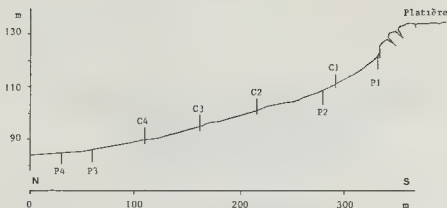


FIG. 1. — Transect du versant au contact du sentier de grande randonnée de l'Envers d'Apremont.
C1 à C4 : emplacement des coupes transversales dans le sentier.
P1 à P4 : profils pédologiques et palynologiques établis à proximité du sentier.

par la route de Barbizon à Fontainebleau, compris dans les parcelles 712 et 713 du nouvel aménagement. Entre cette base et la surface de la platière la dénivellation est de 50 m, dont 40 pour la pente de sable parsemée de rochers qui s'étend sur une longueur horizontale de 300 à 350 m avec un profil globalement concave. La figure 1 représente un transect de ce versant en bordure de la route de la Solitude, sentier de grande randonnée qui le gravit selon la plus grande pente. Ce sentier montre des phénomènes de ravinement récent et actuel dont des coupes transversales d'amont en aval ont permis d'établir l'état présent. Les sols entaillés par le ravinement sont des podzols humo-ferrugineux formés dans un matériel dont la mise en place résulte d'anciens mouvements en nappe du sable sur le versant.

La couverture végétale actuelle consiste en une lande à callune et fougère-aigle colonisée sur plus de la moitié de sa surface par de jeunes peuplements de bouleaux et de pins sylvestres, dominés par quelques pins sylvestres et maritimes âgés d'une centaine d'années. Cette végétation protège efficacement le sol contre l'érosion.

I. — ANCIENS MOUVEMENTS DE MASSE

L'existence d'anciens mouvements de masse à la surface du versant a été mise en évidence par l'ana-

lyse granulométrique du matériel minéral, l'analyse morphologique des profils pédologiques et la composition des spectres palynologiques. A cette fin, quatre profils ont été établis au long du transect fig. 1 où leur emplacement est indiqué.

GRANULOMÉTRIE.

Elle a été établie par tamisage après destruction de la matière organique et des particules carbonneuses par calcination ménagée à 450°C. La composition granulométrique moyenne du sable de Fontainebleau en place fait ressortir un net maximum, supérieur à 50 %, dans la classe 0,1-0,2 mm avec une proportion moindre entre 0,2 et 0,5 mm, les fractions supérieures à 0,5 mm et inférieures à 0,1 mm étant très faiblement représentées. Le Tableau I, qui présente les classes de dimensions comprises entre 0,5 et 0,05 mm dans les quatre profils, met en évidence des couches de spectre granulométrique très significativement différent.

Les profils P1 et P2 (fig. 1) montrent dans leur partie inférieure une granulométrie semblable à celle des sables de Fontainebleau en place et dans les 50 cm supérieure une prédominance du sable grossier (0,5-0,2 mm). Leur pente est respectivement de 25° et 12°. En bas de versant, le profil P3, avec une pente de 7°, a décelé également deux couches différentes : une couche inférieure où le sable de

TABLEAU I

Spectres granulométriques du sable dans la tranche 0,5-0,05 mm à différents niveaux des profils P1 à P4 et dans le cône d'accumulation à la base de la pente. Valeurs moyennes et extrêmes.

Position sur la pente	Profondeur cm	Nombre de niveaux	Sable grossier 0,5-0,2 mm %	Sable fin 0,2-0,1 mm %	Sable très fin 0,1-0,05 mm %	Total % fraction minérale
P1	5-50	6	52,7 49,6-54,0	44,75 43,3-48,3	1,96 1,8-2,2	99,41
P2	5-50	6	63,6 61,3-66,2	33,0 28,6-35,5	2,31 1,9-2,7	98,9
P1-P2	55-95	4	43,1 40,6-44,6	51,5 49,7-53,4	4,8 3,7-5,3	99,4
P3	5-70	7	39,0 33,3-41,9	51,4 45,7-55,7	7,45 5,3-10,5	97,85
P3	80-110	2	1,26 0,77-1,75	75,25 74,2-76,3	22,15 21,7-22,6	98,66
P4	10-50	3	39,2 37,7-40,7	56,65 54,9-58,1	3,45 3,3-3,6	99,0
P4	70-110	4	25,6 19,1-32,8	68,9 63,3-74,7	3,45 3,2-6,0	99,25
Cône de déjection	2-10	4	52,1 47,8-55,3	44,9 42,0-48,2	2,25 1,9-3,1	99,27

plus de 0,2 mm est à peine représenté au profit des sables fins et très fins qui forment plus de 95 % de la fraction minérale totale, et une couche supérieure, épaisse de 70 à 80 cm, dont la texture est proche de celle du sable des couches profondes de P1 et de P2. Le profil P4, au contact du cône de déjection actuel de la ravine, avec une pente de 4°, montre une évolution progressive de bas en haut vers une granulométrie plus grossière au-dessous du podzol, puis constante et identique à celle du profil P3 dans les horizons A de ce podzol.

Quant au sable accumulé sur le cône de déjection et au débouché du sentier sur celui-ci, sa granulométrie reflète la composition moyenne des nappes de sable érodées en amont (Tableau I).

MORPHOLOGIE DES PROFILS.

Les sols, qui sont des podzols humo-ferrugineux de dégradation (DUCHAUFOR, 1977), montrent dans leurs horizons A des variations verticales de certains caractères décelant des phénomènes alternants de décapage par érosion et de surélévation par collu-

vionnement. D'anciennes surfaces enfouies sont mises en évidence par une teneur plus élevée en matière organique, une compacité plus grande et une relative cohésion du sable enrobé par de la matière organique amorphe, par des variations dans les spectres palynologiques qui seront décrites plus loin ainsi que par l'abondance de débris carbonisés.

La présence de particules de charbon microscopiques a été utilisée par des palynologues pour la reconstitution des causes de successions végétales, dans des tourbières (SIMMONS et INNES, 1981), des mors épais (IVERSEN, 1964, 1969), des podzols humo-ferrugineux (CRUICKSHANK et CRUICKSHANK, 1981). Dans le cas présent, les fines particules plus ou moins arrondies présentes à tous les niveaux proviennent d'apports à partir de surfaces incendiées, soit par percolation, soit par ruissellement, soit par le vent; sont à retenir comme niveaux d'incendie incontestables ceux où les débris carbonisés sont abondants, pour la plupart volumineux et anguleux, devenant même pour certains visibles à l'œil nu dans les niveaux proches de la surface actuelle.

Ces anciennes surfaces ont été figurées sur le

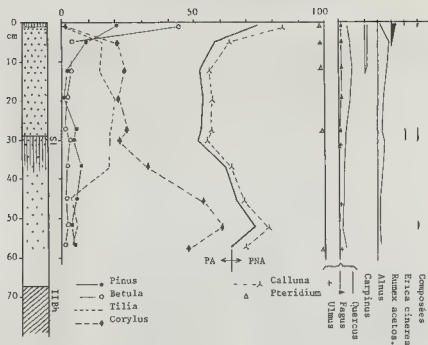


Fig. 2. — Diagramme palynologique du profil P1.

PA : pollen d'arbres, noisetiers inclus; PNA : pollen et spores d'herbes et de sous-arbrisseaux.

A gauche, profil pédologique : en hachures verticales, surfaces anciennes S et actuelle riches en matière organique; en pointillé, présence de particules de charbon.

profil pédologique représenté à la gauche des diagrammes palynologiques et numérotés de S1 à S3 de bas en haut.

1) Le profil P1 (fig. 2) est situé à 2 m de la base de la corniche affaissée de la table de grès, verticale en ce point sur une hauteur de 3 m. La surface actuelle, avec une pente de 25°, est une mince couverture organique non humifiée posée sans transition sur un sable peu humifère, indiquant manifestement un profil récemment tronqué. A 30 cm sous la surface un niveau légèrement humifère S1 marque l'horizon A₁ d'un ancien podzol peu évolué : l'horizon A₂ n'est pas entièrement décoloré, est parcouru par des veinules subhorizontales plus sombres et par des canaux obliques, de 1 à 2 cm de diamètre, occupés par un sable gris, qui paraissent marquer l'emplacement de racines mortes; l'horizon IIBh induré, mais épais seulement de 10 cm, surmonte un sable avec concentrations ferrugineuses de plus en plus diffuses vers le bas. La surface de ce podzol que

l'on peut qualifier d'« intermédiaire » selon la terminologie proposée par A.M. ROBIN (1979) a été tronquée de sa couverture organique probablement à la suite d'un incendie, les particules charbonneuses étant abondantes à sa surface.

2) Le profil P2 (fig. 3), 50 m en aval de P1, montre deux horizons aliotiques superposés : l'horizon inférieur, IIBh, est épais de 20 à 25 cm et très induré; l'horizon supérieur, IBh, est épais seulement de 10 cm et peu induré. Le sable intercalaire, sans cohésion, est plus ou moins décoloré. Au-dessus de IBh on a reconnu trois surfaces enfouies avec particules carbonisées abondantes. Comme dans le profil précédent, la couverture organique actuelle repose sans transition sur le sable dont la surface est riche en débris brûlés.

3) Les profils P 3 (fig. 4) et P4, en bas de versant, ne présentent plus que l'horizon aliotique IBh, ici

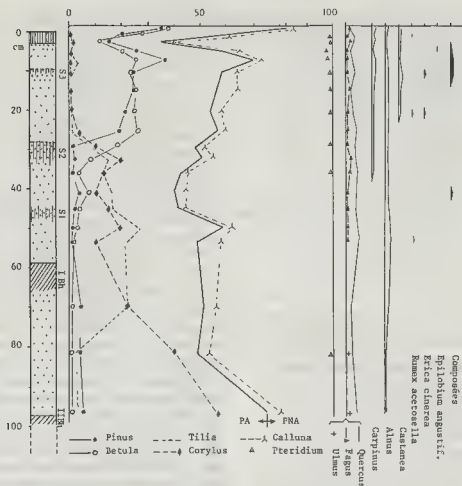


FIG. 3. — Diagramme palynologique du profil P2 (voir la légende fig. 2).

très induré, au dessus d'un sable jaune marqué de larges taches plus colorées, dont l'abondance décroît vers le bas. Ces profils renferment, comme les précédents, d'anciennes surfaces humifères riches en débris charbonneux et leur surface sableuse est couverte par un mince horizon hologranique. La présence de quelques graviers de grès émousés sur la surface S1 du profil P3 corrobore le caractère allochtone des matériaux qui l'ont recouverte.

DATATIONS PALYNOLOGIQUES.

Par suite de la très faible activité biologique des podzols humo-ferrugineux de dégradation, à l'except-

tion de la couche de décomposition de la litière, le pollen est abondant dans ces sols. Son état de conservation y est cependant très inégal suivant les espèces et, pour une même espèce, suivant les événements dont le sol a été le siège. Il est généralement reconnu que le pollen de tilleul, de noisetier, d'aulne, de pin est le plus résistant alors que celui du hêtre et des chênes l'est beaucoup moins (LEMÉE, 1946; HAVINGA, 1964). Cependant les grains des couches les plus profondes sont presque toujours corrodés et ceux des niveaux d'incendie et d'apport par colluvionnement sont souvent chiffonnés et parfois déchirés. Quant à l'entraînement en profondeur par les eaux de percolation, il reste très faible dans ce type

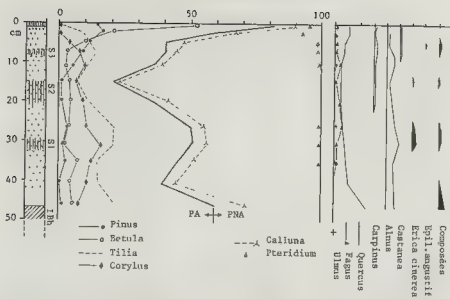


FIG. 4. — Diagramme palynologique du profil P3 (voir la légende fig. 2).

de sol où le pollen est emballé dans les amas de matière organique stable.

Les phases paléosylvatiques observées dans des sols en forêt de Fontainebleau (LEMÉE, 1981) ou à son voisinage (Beck *et al.*, 1963; ROUX, 1967) montrent la succession suivante :

- 1) phase à noisetiers dominants, attribuée à la période atlantique;
- 2) phase à tilleul et noisetier avec déforestation croissante et apparition du hêtre, attribuée au subboréal;
- 3) phase de déforestation maximum, où les bouleaux deviennent localement abondants, avec apparition du charme, attribuée au subatlantique;
- 4) phase récente et actuelle de reboisement, caractérisée par l'extension des pins.

Ainsi l'analyse palynologique permet à la fois de confirmer les remaniements anciens des sols et de dater ceux-ci approximativement.

Nous avons adopté pour la présentation des résultats la méthode dite du diagramme total. Celui-ci est séparé en deux parties par une ligne : à gauche sont les arbres et arbustes (PA), à droite les herbes et sous-arbrisseaux (PNA). Parmi les premiers seul le

pollen d'arbres dominants dans les phases successives a été représenté, en pour cent du total sporo-pollinique à partir de la gauche. Parmi les seconds, la callune et la fougère-aigle, actuellement dominantes, figurent en pour cent à partir de la droite. Pour plus de clarté, des taxons faiblement représentés, mais d'intérêt chronologique ou écologique, ont été figurés à la droite de ce diagramme total par des diagrammes auxiliaires à la même échelle de fréquence. Ce sont le chêne toujours présent, l'orme, très effacé, le hêtre, le charme, le châtaignier introduit pendant la période historique, et des indicateurs de la lande après incendie : *Rumex acetosella*, *Epilobium angustifolium*, *Erica cinerea* et, à un moindre degré, les Composées.

Le diagramme du profil P1 (fig. 2) montre que le podzol enfoui s'est formé au cours de la phase paléosylvatique 1 et au début de la phase 2 avant l'apparition du hêtre. Les dépôts qui l'ont recouverts représentent la phase 2 et la partie ancienne de la phase 3, antérieure à l'apparition du châtaignier. Il existe une importante lacune causée par une érosion récente, le spectre pollinique de la pellicule organique de surface reflétant la végétation actuelle.

Dans le diagramme du profil P2 (fig. 3), la phase 1 et le début de la phase 2 se retrouvent entre les horizons IBh et IIBh, le hêtre n'apparaissant qu'à la surface de IIBh qui occupe donc le même niveau stratigraphique que la surface du sol enterré de P1. Une première surface enterrée S1, antérieure à l'apparition du charme, est d'âge subboréal. La seconde, antérieure à celle du châtaignier, est d'âge subatlantique, peut-être historique, mais non datable avec plus de précision en raison de la discontinuité polinique avec les 25 cm de sable grossier qui la recouvrent et ont été mis en place au cours de la dernière phase forestière, comme en atteste la présence des pins sylvestre et maritime. Ce dépôt superficiel renferme un niveau d'incendie avec débris carbonisés volumineux et abondants, S3, indiquant qu'il s'est effectué au moins en deux fois.

Dans les profils P3 et P4, en bas de versant, le sable fin colluvial au-dessous de l'horizon aliotique unique est très pauvre en pollen et n'a fourni que celui du noisetier, du tilleul et de la callune. Les surfaces enfouies de ces profils (voir P3, fig. 4) occupent la même position stratigraphique que celles du profil P2, mais, à la différence de ce dernier, la surface S2 a été recouverte par un matériel d'origine plus ancienne apportant avec lui le pollen de noisetier et de tilleul des phases précédentes auquel s'est mélangé en proportion croissante celui des pins, puis des bouleaux de la dernière phase forestière. Comme dans P2, un niveau d'incendie S3 s'intercale dans ce sable peu humifère qui est recouvert d'une mince couche organique actuelle sous peuplement de bouleaux et de fougère-aigle.

II. — RAVINEMENTS ACTUELS

Les sentiers piétonniers qui gravissent les sables de Fontainebleau sont à l'origine d'érosions plus ou moins importantes en relation avec le degré de fréquentation, la pente et leur tracé par rapport à celle-ci. Très fréquenté et orienté selon la ligne de plus grande pente, le sentier de la Solitude, qui déli-

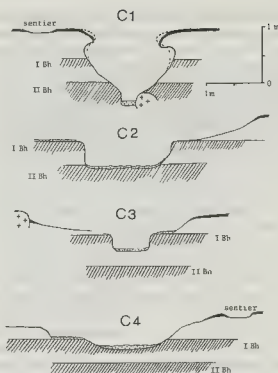


Fig. 5. — Coupes transversales du sentier de grande randonnée, C1 à C4, d'amont en aval (emplacement sur la fig. 1).

C1 : en pointillé, état en 1976

mite les parcelles 712 et 713, en offre un exemple.

Il débouche dans une concavité du bord de la plate-forme constituée de rochers plus ou moins basculés. Les eaux de ruissellement qui se concentrent en cet endroit ont enlevé l'ancienne surface meuble dont il ne demeure que des lambeaux marginaux tels que celui qui a fait l'objet du profil P1. Ce bassin de réception en miniature est large de 8 m et l'on peut évaluer à 1m,20 au minimum l'épaisseur de sable disparu, qui laisse à nu un dallage rocheux irrégulier.

Au-dessous de ce cirque, l'écoulement s'est concentré en une ravine étroite à l'emplacement de l'ancien sentier dont le profil C1, fig. 5, donne une coupe. Les horizons humifères, soutenus par le réseau racinaire de la callune et, localement, des jeunes arbres forme une corniche au-dessus d'un évidement correspondant aux horizons A du podzol sans structure et très friables. L'horizon d'accumulation hu-

mique supérieur, IBh, peu épais et peu induré, n'offre pas de résistance au recul des parois tandis que l'horizon inférieur, très compact, IIBh, forme un saillant sur lequel se déposent des matériaux enlevés aux parois surplombantes. Celui-ci est cependant entaillé jusqu'à sa base par une gouttière médiane où circulent les eaux de ruissellement qui y déposent des sables grossiers. Des blocs de grès enterrés, remis à nu, forment des barrages contre l'écoulement du sable.

La difficulté de circulation dans cette ravine a incité les promeneurs à marcher sur ses bords, ce qui a créé de nouveaux sentiers avec, comme conséquence, des effondrements de la corniche végétale protectrice du sable meuble et la formation de ravines affluentes longues de quelques mètres dont le fond rejoint peu à peu celui de la ravine principale.

A une centaine de mètres au-dessous de la table de grès (C2, fig. 5), la pente devenant inférieure à 10°, la largeur de la bande érodée est de 2 à 3 mètres avec deux gradins formés par les horizons Bh. Cinquante mètres plus bas, sur une pente de 7-8°, la coupe C3 montre que la gouttière centrale, moins large et moins profonde, n'atteint plus l'horizon aliotique inférieur. En bas de versant, la pente étant réduite à 4-5° (C4, fig. 5), l'érosion diffuse superficielle touchant les horizons A après disparition de la couverture organique couvre une plus grande surface par suite d'un piétinement moins localisé; l'horizon IBh est dénudé et entamé, mais non détruit et cette partie érodée est actuellement comblée par un colluvionnement de sable blanc sur une épaisseur de 5 à 10 cm. La surface nue de cet horizon est partiellement recouverte d'un mince voile de sable d'origine éolienne.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'érosion sur les pentes de sable de Fontainebleau a commencé avec le creusement des dépressions entre le grès de Fontainebleau et le calcaire

d'Etampes au Néogène et s'est poursuivie au Pléistocène. Le démantèlement de la table gréseuse à l'origine des champs de blocs sur les pentes et l'enfouissement partiel de ces blocs dans le sable en sont les témoins. Leur colonisation par une couverture forestière après la dernière glaciation a stabilisé ces versants jusqu'à ce qu'interviennent dès la préhistoire les déforestations et incendies qui ont réactivé les érosions en dénudant le sol. La faible porosité et l'absence de cohésion du sable mis à nu lorsque la couverture organique a été détruite par le feu ou entraînée par le ruissellement provoque en cas de fortes pluies une rapide saturation suivie d'un écoulement de l'eau en surface, transportant le sable par ruissellement diffus, surtout à la partie supérieure du versant où la pente est forte et où l'abondance des surfaces rocheuses concentre les eaux de pluie dans les couloirs sableux.

La figure 6, qui réunit les quatre profils analysés avec leurs caractères morphologiques et leurs repères chronologiques, nous conduit à proposer l'inter-

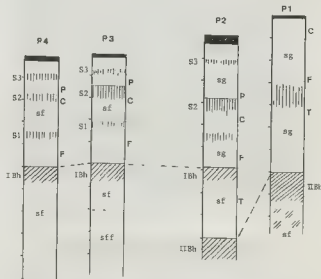


FIG. 6. — Niveaux morphologiques et repères phytochronologiques des quatre profils du versant.

sg : sable grossier dominant ; sf : sable fin dominant ;

sff : sable très fin abondant.

S1, S2, S3 : surfaces, entouées ; IBh, IIBh : horizons humiferrugineux indurés.

T : extension du tilleul ; F : apparition du hêtre ; C : apparition du charme ; P : extension récente des pins.

prétation suivante des déplacements des formations superficelles le long du versant par les érosions et colluvionnements. Les phénomènes les plus anciens qui ont été observés remontent à la période atlantique, antérieure à 4 500 AP (avant le présent) et sont contemporains du Néolithique. Au pied de la corniche basculée (profil P1) ils consistent en une accumulation de sable descendu de la platière de grès, mélangé de particules de charbon provenant d'incendies de landes. Des dépôts de la même période se retrouvent 40 m plus bas dans le profil P2 au-dessous de l'horizon IBh ainsi qu'en bas de pente au-dessous de ce même horizon. Ces nappes de sédiments ont subi dans leurs déplacements un tri granulométrique avec la diminution de la pente.

Après une période de stabilité pendant laquelle un sol podzolique s'est formé en P1 et P2, une seconde nappe sableuse a recouvert ces sols sans éroder le premier dont la surface a été enfouie, mais vraisemblablement après décapage du second. Des apports en provenance de la platière ont repris au pied de celle-ci jusqu'à une époque postérieure à l'apparition du charme au Subatlantique. Ce dépôt s'est formé non en une seule fois par un déplacement massif, mais par une suite d'érosions et de colluvionnements comme le montre l'existence à tous les niveaux de pollen détérioré ancien mélangé à du pollen bien conservé ainsi que la trace d'une ancienne surface (S1 de P2, P3 et P4) d'âge subboréal.

Au Subatlantique est intervenue une phase de stabilité, S2, pendant laquelle s'est formé le podzol à horizon aliotique IBh. Puis des phases d'érosion et de colluvionnement d'époque historique, attestées par la présence du châtaignier, ont laissé des traces très apparentes dans la partie supérieure des profils. Au pied de la corniche, sur une pente forte, les matériaux accumulés postérieurement au début du Subatlantique ont disparu. Les autres profils ont eux-mêmes perdu leurs horizons supérieurs comme le montre la faible épaisseur de sol entre l'apparition du charme et l'introduction du pin qui séparent au moins 2 000 ans. Sur cette surface tronquée, les trois profils ont accumulé des matériaux érodés d'âge récent (P2) ou plus ancien (P3, P4) qui se sont mis en place en plusieurs épisodes, comme le montre

dans les trois profils l'existence d'un niveau d'incendie remontant à 100 ans ou moins qui pourrait provenir du même sinistre.

Enfin un ou plusieurs incendies récents ont laissé leurs traces sur l'ensemble du versant étudié sous la forme d'une surface plus ou moins humifère couverte de débris carbonisés passant sans transition à une couverture organique mince peu décomposée. Le jeune peuplement de bouleaux et de pins sylvestres qui colonise ce versant, avec un âge maximum d'une trentaine d'années, donne la date la plus proche de cet incendie qui a préservé quelques pins maritimes et sylvestres âgés d'une centaine d'années. Paul Domet écrivait en 1873 qu'« on doit mettre au nombre des fléaux de la forêt les incendies qui furent de tout temps redoutables par leur violence ou leur nombre »; il relève, parmi ceux qui ont touché le complexe des platiers et gorges d'Apremont, les grands incendies des années 1662, 1726 et 1870. Cette partie de la forêt était déjà fréquentée par les hommes de la préhistoire qui sont responsables de la régression de la couverture forestière; citons la découverte, rapportée par Desbordes en 1965, d'une occupation sous une corniche de grès d'Apremont depuis le Bronze ou le début du Fer jusqu'au Gallo-Romain.

L'analyse palynologique souligne cette action des feux sur la végétation: abaissement brusque de la proportion du pollen d'arbres (S1-S3 en P2, S3 en P3), apparition d'espèces des sols dénudés par incendies (*Rumex acetosella*, *Epilobium angustifolium*, *Scleranthus*), extension d'espèces de lande favorisées par la régression de la callune (*Erica cinerea*, *Pteridium*) ainsi que du bouleau.

Les variations dans le nombre et les caractères des horizons aliotiques Bh le long de la pente peuvent être mises en rapport avec les phases de colluvionnement et de stabilité. La fossilisation précoce d'un sol en voie de podzolisation au pied de la corniche par une épaisse couche de matériaux a bloqué son évolution. Au-dessous et presque jusqu'en bas de pente existent deux alios superposés dont la surface est distante de 30 à 60 cm, le plus épais et le plus induré étant l'aliot inférieur à l'amont

et devenant en aval l'alias supérieur qui seul existe en bas de pente. Cette observation conduit à supposer que la lande ayant été établie dès la période atlantique sur la platière et la partie supérieure du versant, ce dernier a été le siège d'apports de matériaux d'une épaisseur suffisante pour fossiliser l'alias inférieure et provoquer la formation d'un nouvel horizon d'accumulation humique à partir de la période subboréale. L'extension des incendies et de la lande jusqu'en bas de pente y a déclenché la podzolisation à cette même période.

Si la protection maintenant efficace contre les feux permet une stabilisation des pentes sableuses sous un couvert végétal tendant vers un reboisement naturel (LEMÉE, 1980) ou par plantations et semis de pins (TENDRON, 1978), l'accroissement de la fréquentation touristique provoque par contre un nouveau type d'érosion par ruissellement concentré dans les sentiers qui suivent les lignes de plus grande pente. L'exemple que nous avons analysé rappelle en miniature celui des torrents, avec un bassin de réception, un canal d'écoulement et un cône de déjection. Le profil en long du chenal d'écoulement présente des ruptures de pente provoquées par des blocs rocheux initialement enfouis dans le sable ou même par des racines horizontales d'arbres voisins. Les sédiments sont retenus dans ces biefs

La végétation de lande est peu résistante au piétinement. La callune, dont l'enracinement est superficiel, n'est d'aucune protection lorsque la couverture d'humus a disparu. Elle a en outre le défaut d'être tuée par les feux et d'avoir une durée de vie d'environ 30 ans à la fin de laquelle elle est dénudée dans sa partie centrale alors facilement détruite par le piétinement (WATT, 1955). La strate cryptogamique qui l'accompagnait est alors dispersée. Par contre, aux rares endroits frais, les peuplements de molinie, Graminée à réseau de racines denses et assez profond, résistent sur les bords de sentiers encaissés jusqu'à 30 cm sous la surface. Les arbres ont quelque efficacité contre l'écoulement du sable par leurs racines transversales aux sentiers, mais lorsqu'elles sont fortement affouillées par un ravinement profond, ceux-ci sont finalement déracinés; c'est ainsi qu'on

trouve actuellement les restes de deux pins à proximité de la coupe C1.

La quantité de sable enlevée par le creusement des ravines peut être établie au moyen de profils transversaux précis. Par ce procédé, GUIRAL *et al.* (1977) ont trouvé de un à 2 m³ enlevés par mètre linéaire. Au niveau de la coupe C1, fig. 5, ce volume est de 1,1 m³. Aux abords de la « grotte des Brigands », très fréquentée, l'érosion peut dépasser 3 m³ par mètre. Ces ravines, où la marche est pénible, sont délaissées par les promeneurs qui ont établi un nouveau sentier sur un de leurs bords, sinon sur les deux. Ces nouveaux sentiers, qui ont détruit la couverture végétale basse, sont vers le haut du versant à l'origine de petites ravines se raccordant avec le fossé à l'emplacement de l'ancien sentier et dues à l'imperméabilisation du sol par le piétinement; en bas de pente, ils provoquent la disparition des horizons meubles du podzol sur une largeur croissante.

Une telle succession dans le temps des processus de mouvement de masse, maintenant maîtrisés, et d'écoulement concentré en ravines actuellement actives a été constatée en d'autres régions de la plaine française (VOGT et YVARD, 1979; YVARD, 1981).

BIBLIOGRAPHIE

- BECK (R.), DUPUIS (J.) & SAUVAGE (C.), 1962. — Le cirque de la Patrie à Nemours. Etude palynologique. *Mém. Soc. préhist. franç.*, VI (publié en 1963), 179-184.
- CRUICKSHANK (G.) & CRUICKSHANK (M. M.), 1981. — The development of humus iron podzol profiles, linked by radiocarbon dating and pollen analysis to vegetation history. *Oikos*, 36, 238-253.
- DESBORDS (J. M.), 1965. — In: *Bull. Groupe archéol. de Seine-et-Marne*, p. 202 (paru en 1967).
- DOMET (P.), 1873. — *Histoire de la forêt de Fontainebleau*. Hachette, Paris, Laffitte Reprints, Marseille, 1979, 404 p.
- DUCHAUFOUR (P.), 1977. — *Pédologie. I. Pédogénèse et classification*. Masson, Paris, 477 p.
- GUIRAL (D.), PERIQUET (G.), RAGUDEAU (A.) & SOUCHON (C.), 1977. — Un exemple d'impact de la fré-

- quentation touristique sur le milieu forestier : érosion et atteintes à la végétation (Cas du sentier bleu des gorges d'Apremont et du Bas-Bréau). *Coll. sur l'Environnement forestier des grandes agglomérations*, Versailles 1974, Rapports, 30-32.
- HAVINGA (A. J.), 1964. — Investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores. *Pollen et Spores*, 6, 621-635.
- IVERSEN (J.), 1964. — Retrogressive vegetational succession in the post-glacial. *J. Ecol.*, 52 (suppl.), 59-70.
- IVERSEN (J.), 1969. — Retrogressive development of a forest ecosystem demonstrated by pollen diagrams from fossil mor. *Oikos*, Suppl. 12, 35-49.
- LEMÉE (G.), 1946. — La genèse des sols alpins du massif des Monts Dore. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 93, 402-407.
- LEMÉE (G.), 1981. — Contribution à l'histoire des landes de la forêt de Fontainebleau d'après l'analyse pollinique des sols. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 128, 189-200.
- ROBIN (A. M.), 1979. — *Genèse et évolution des sols podzolisés sur affleurements sableux du Bassin Parisien*. Thèse Univ. Nancy, 173 p.
- ROUX (I.), 1967. — Videlles (Essonne). III. Analyse palynologique. *Bull. Soc. préhist. franç.*, 64, 425-438.
- SIMMONS (I. G.) & INNES (J. B.), 1981. — Tree remains in a North York Moors peat profile. *Nature*, 294, 76-78.
- TENDRON (G.), 1978. — *Le massif de Fontainebleau*. O.N.F., Centre de Fontainebleau, 16 p.
- VOGT (J.) & YVARD (J. C.), 1979. — Averses, pluies d'orages et érosion des sols dans le sud-ouest du bassin de Paris, *Norols*, n° 102, 219-225.
- WATT (A. S.), 1955. — Bracken versus heather: a study in plant sociology. *J. Ecol.*, 43, 490-506.
- YVARD (J. C.), 1981. — Les dépôts de pente historiques : enseignements de l'archéologie. *Soc. Etudes et Rech. préhist.*, n° 30, Périgueux, 188-197.

ÉCOLOGIE DES COLÉOPTÈRES COPROPHILES EN PRAIRIE PERMANENTE PÂTURÉE

I - Caractéristiques des populations de Coléoptères adultes coprophiles. Phénologie et dynamique saisonnière

par M. DESIERE

Université de Liège, Institut Ed. Van Beneden,
Laboratoire de Morphologie, Systématique et Ecologie animales.
Liège (Belgique)

RÉSUMÉ

Durant trois années consécutives, nous avons étudié, en prairie permanente pâturée, la communauté de coléoptères inféodés aux excréments de bovidés. La première partie de ce travail comporte essentiellement l'approche des conditions écotopiques du substrat ainsi que la délimitation des caractéristiques systématiques et écologiques des populations de coléoptères coprophiles adultes. Des données numériques (exprimées en nombre d'individus ou en biomasse) obtenues à partir d'un

inventaire de 220 bouses nous permettent d'analyser et de préciser la phénologie, la dynamique saisonnière et la localisation spatiale de ces populations coprophiles au sein de l'excrément. Cette analyse révèle le rôle primordial joué par quatre espèces (Aphodius rufipes, Geotrupes stercorarius, Sphaeridium lunatum et Sphaeridium scarabaeoides) qui représentent à elles seules quelque 50 % de la biomasse totale correspondant aux 49 espèces répertoriées.

SUMMARY

During three consecutive years, the ecology of beetles inhabiting cattle droppings was studied. First of all the edaphic and microclimatic conditions of dung was considered. On a second time, the dung beetles ecology

was examined with respect to phenology, specific composition, seasonal variations and spatial localisation in dungs.

1. — INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, les biocénoses entomologiques ont fait l'objet de nombreux travaux. Mais, trop souvent, la nature et les dimensions même des écosystèmes étudiés sont si complexes et si vastes qu'il devient très malaisé de les caractériser et de mettre en évidence les rapports dynamiques qui existent entre les organismes, leurs populations

et leur milieu de vie. Nous avons opté pour l'étude écologique du microécosystème constitué par les excréments des grands herbivores domestiques. Ce choix procède de deux constatations : d'une part, les excréments de bovidés occupent un pôle énergétique capital dans l'écosystème « prairie » et, d'autre part, leurs caractéristiques écotopiques sont exceptionnellement favorables à l'installation d'une biocénose diversifiée. Dans cette optique, nous nous proposons de présenter, en deux volets, les principaux résultats

de nos travaux consacrés à la synécologie descriptive et fonctionnelle d'un ensemble de populations inféodées à ce microécosystème. De nombreux travaux ont, depuis quelques décennies, enrichi nos connaissances tant sur le plan de la faunistique que sur le rôle écologique des organismes coprophiles. Parmi les plus fondamentaux, citons deux de CHANDLER (1920), MADLE (1934), HAFEZ (1939), HAMMER (1941), SNOWBALL (1942), MOHR (1943), BORNE-MISSZA (1960), POORBAUGH (1966), GILLARD (1967), KOSKELA (1977), LUMARET (1978), HOLTER (1979), HANSKI (1980).

L'intérêt que les excréments de bovidés offrent sur le plan bioénergétique relève de quelques considérations quantitatives à propos du niveau « consommateurs primaires » représenté par le bétail. En effet, d'après Mc FADYEN (1963), les bovidés domestiques absorbent par jour approximativement 2 000 kcal/m² soit 1/8 de la productivité primaire. Mais ils en rejettent 1 250 kcal/m² sous la forme de matières organiques non assimilées c'est-à-dire d'excréments. En d'autres mots, plus de la moitié de ce qui est ingéré par le bétail est rejeté à la surface du sol sous la forme de déjections : les bouses. Celles-ci, distribuées de manière dispersée, constituent donc un stock permanent de petites unités d'énergie potentielle. En outre, par leur masse importante, les bouses sont soustraites, pendant un temps plus ou moins long, à l'action des organismes bioréducteurs du sol, essentiellement les bactéries et les champignons, au contraire des autres excréments qui se diluent en milieu aquatique ou dont la dispersion en milieu terrestre multiplie rapidement la surface d'attaque. Enfin, leur richesse en matières organiques et les conditions microclimatiques qui y règnent, en font précisément un milieu favorable à l'installation d'une biocénose spécifique, riche et variée (FINNE et DESIÈRE, 1971).

Nous nous sommes attachés à l'étude de la fraction de la biocénose coprophile qui est constituée par les Coléoptères adultes, coprophages et prédateurs, en précisant leurs modalités d'intervention en fonction à la fois de la dégradation progressive des excréments et des variations saisonnières.

2. — MÉTHODES ANALYTIQUES ET EXPÉRIMENTALES

a) PÉRIODICITÉ ET NOMBRE DE PRÉLÈVEMENTS.

L'objet principal de ce travail consiste à suivre l'évolution journalière et saisonnière des caractéristiques d'une fraction importante de la biocénose coprophile. Il importe donc de disposer d'un matériel fécal dont le moment du dépôt est exactement connu. Afin d'obtenir un lot suffisant de bouses d'âge connu, on isole, à l'intérieur d'une parcelle clôturée (environ 30 ares) une vingtaine de génisses âgées de 6 mois à 2 ans. Celles-ci sont relâchées dans la prairie voisine après une dizaine d'heures. Durant cette courte période, nous constituons ainsi un stock de 60 à 80 bouses environ d'âge connu, mises aussitôt à l'abri du piétinement par les animaux en pâture. Au cours de chaque série d'observations, les prélèvements se succèdent à raison de 2 bouses toutes les 24 heures après leur dépôt et cela durant les 10 premiers jours. Nos observations relatives aux coléoptères coprophiles adultes sont réalisées à partir de 11 séries de prélèvements quotidiens. Le début des prélèvements de chacune de ces 11 séries d'échantillonnage correspond, pour l'année 1971, au 24 juin et au 3 septembre; pour l'année 1972, aux 5 mai, 4 juin, 21 juin, 6 juillet, 22 août et 2 septembre; enfin, pour l'année 1973, les trois dernières séries de prélèvements ont débuté le 13 mai, le 18 juillet et le 25 août.

b) TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE.

Chaque prélèvement comporte deux bouses entières et le sol sous-jacent récolté sur une épaisseur d'environ 10 cm. Bouse et galette de terre sont ensuite apportés au laboratoire où s'effectuent les diverses opérations d'extraction de la faune. Après

séparation des deux niveaux (bouse et sol) et pesée de la bouse, nous en prélevons en général deux échantillons : l'un (de faible volume) est placé dans un sachet plastique et conservé au congélateur à -15°C en prévision de différentes analyses chimiques ultérieures; le second (de faible volume également) est desséché en étuve à 100° en vue de la détermination du poids sec. Le reste de l'excrément (environ 90 % du poids frais initial) est soumis à l'extraction de la mésofaune par immersion et homogénéisation dans une solution contenant 250 g de MgSO_4 par litre d'eau, ceci afin de faciliter la flottaison des animaux. L'usage d'une bouse entière et de toute la galette de sol sous-jacent pour cette extraction permet d'isoler la quasi-totalité des coléoptères coprophiles. Cette méthode nous permet donc de travailler sur des estimations directes de populations entières et non sur des estimations indirectes à partir d'échantillons.

c) MÉTHODES D'EXTRACTION ET DE CONSERVATION DE LA FAUNE.

Les méthodes mises en œuvre pour extraire les coléoptères coprophiles relèvent du procédé de flottaison dans l'eau, conseillé par JANSSENS (1950). Cette méthode consiste à diluer les échantillons par parties et à récupérer à l'aide d'un pinceau, ou mieux d'un fin tamis, les coléoptères qui surnagent. Ceux-ci étant bien visibles à l'œil nu, le contrôle de la loupe binoculaire n'est pas nécessaire et la méthode peut s'appliquer rapidement à des bouses entières. L'extraction terminée, les insectes récoltés sont fixés dans l'alcool 70°.

d) DÉTERMINATION DES BIOMASSES.

En vue de l'établissement des biomasses des principales espèces de coléoptères coprophiles adultes, nous avons déterminé le poids sec moyen par individu. Une série de pèse-substances ont été tarés

(balance Mettler) après dessiccation et refroidissement durant une heure dans un exsiccateur contenant du P_2O_5 . Un nombre connu (20 à plusieurs milliers suivant la taille) d'individus adultes de chaque espèce étudiée, pris au hasard à partir de plusieurs séries de prélèvement couvrant toute la période phénologique de l'espèce, est déposé dans chacun de ces pèse-substances et soumis à la dessiccation dans une étuve portée à 100°C . Les échantillons sont alors pesés jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Connaissant le poids sec de l'échantillon et le nombre d'individus qu'il comporte, on calcule le poids sec moyen d'un individu.

3. — LE SUPPORT ÉDAPHIQUE DU MICRO-ÉCOSYSTÈME BOUSE : LA PRAIRIE PERMANENTE PÂTURÉE

a) LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DU SITE.

Cette étude a été menée dans une prairie du Domaine de l'Université de Liège, implantée au hameau du Sart-Tilman.

La prairie constitue la tête du vallon d'un ruisseau affluent de l'Ourthe; elle est bordée au sud par une chênaie érablière à *Lamium galeobdolon* sur mull acide à sol pseudogleifié et par une frênaie également sur mull acide. Le sol brun limoneux repose sur des bancs de quartzites et de schistes de l'Emsien inférieur. A la fin du XVIII^e siècle, l'emplacement de la prairie actuelle était consacré aux labours. L'herbage était très réduit et cantonné uniquement dans le fond humide du vallon. Nos parcelles d'expérimentation faisaient partie à l'époque du domaine forestier. L'examen d'une coupe de sol à une vingtaine de mètres de la lisière actuelle témoigne en effet de traces d'essartage. C'est entre 1920 et 1940 que l'herbage a remplacé totalement les labours.

b) SPECTRE FLORISTIQUE.

La base floristique est constituée par l'association Ray-Grass anglais - Trèfle blanc (*Lolium perenne* et *Trifolium repens*). On y trouve quelques plantes à tendance hygrophile comme *Poa annua* et *Ranunculus repens*, cette dernière très abondante et mélangée avec *Ranunculus pratensis*. Dans les parties sèches en été, des touffes de *Dactylis glomerata* ont tendance à s'installer. Parmi les espèces moins représentatives, nous pouvons citer : une graminée *Holcus lanatus*, *Rumex acetosa*, *Taraxacum officinale*, *Cirsium arvensis*; par endroits, quelques *Stellaria* sp., *Bellis perennis* ainsi que *Plantago media*.

c) MORPHOLOGIE ET CONSTITUANTS ORGANIQUES ET MINÉRAUX DU SOL.

L'étude d'une coupe de sol effectuée dans une de nos parcelles permet de reconnaître et de caractériser les différents horizons.

1) L'horizon A₀ ou horizon organique est constitué par une litière très réduite, formée seulement d'une faible quantité de végétaux herbacés morts.

2) De 0 à 15-20 cm, l'horizon A₁₁ organo-minéral présente une coloration gris foncé. Il se distingue par un enracinement très dense des graminées, enracinement allant jusqu'à 10 cm. Sa texture est limoneuse, sa structure grumeleuse. La limite inférieure est imprécise, la transition avec l'horizon A₁₂ étant très progressive. La valeur du pH est de 7,1 pour le niveau 0-5 cm et de 6,8 pour le niveau 5-10 cm.

3) L'horizon A₁₂, également organo-minéral, s'étage de 15-20 cm à 30-45 cm. Sa coloration brun grisâtre ainsi que des traces très nettes d'essartage (charbon de bois, petits blocs de terre cuite) le distinguent de l'horizon précédent. Sa structure grumeleuse présente un plissement polyédrique. Le pH à 25 cm est de 6,7.

4) L'horizon A₂ (horizon éluvial ou de lessivage) atteint la cote de 65 cm. De coloration brun clair, il est parcouru par quelques racines disséminées. Sa texture est toujours limoneuse comme les deux horizons précédents. Sa structure est nettement polyédrique. La limite inférieure beaucoup plus nette est rectiligne. Le pH à 50 cm est de 6,7.

5) Enfin, l'horizon B, débutant à 65 cm, constitue l'horizon illuvial ou d'accumulation. Sa structure est toujours polyédrique, mais la texture devient limono-argileuse. Le pH à 70 cm est également de 6,7.

6) L'horizon C, situé beaucoup plus bas, n'a pas pu être atteint.

4. — LE BIOTOPE ET SES RELATIONS AVEC L'EDAPHOTOPE PRAIRIAL

Nous considérons que l'écosystème « prairie pâturée » que nous venons de décrire succinctement englobe une série d'écosystèmes transitoires de dimensions réduites, limités dans le temps et caractérisés par leurs biocénoses destructrices à chaînes de détritivores et de décomposeurs dominants : les *microécosystèmes « bouses »*. Avant d'aborder certains aspects de la structure et de la dynamique des biocénoses propres à ce type d'excréments, nous définirons succinctement les relations qualitatives et quantitatives des bouses avec leur support édaphique, la prairie.

a) LES RELATIONS ENTRE L'EXCRÉMENT ET L'EDAPHOTOPE PRAIRIAL.

Dès l'instant où une bouse tombe sur le sol prairial, ce dernier acquiert pour un temps plus ou moins long un ensemble de caractéristiques originales qui le différencient notablement de son environnement immédiat.

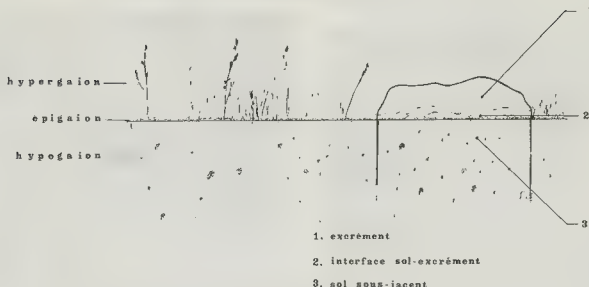


FIG. 1. — Relations entre les strates de l'édaphotope prairial et celles de l'excrément.

Le sol prairial est classiquement subdivisé en trois étages ou strates typiques (RICOU, 1967) : l'*Hypergaion* correspondant à la partie aérienne herbacée; l'*Epigaion* qui représente la surface du sol et la litière très réduite en prairie non fauchée; l'*Hypogaion* enfin qui comporte le sol proprement dit.

A la suite du dépôt d'une bouse, ces différents niveaux édaphiques vont être plus ou moins profondément perturbés et ce durant un temps variable qui dépend d'ailleurs des conditions climatiques.

En effet, la bouse ne peut, par sa consistance relativement compacte, s'infiltrer complètement entre les plantes et épouser tous les reliefs de la surface du sol sous-jacent. Les herbes, en se courbant sous le poids de l'excrément, forment en effet une sorte de « coussin » qui soutient le matériel fécal. Il se crée dès lors une interface sol-bouse relativement aérée, dont l'importance sera mise en évidence dans ce travail. Autrement dit, on peut encore reconnaître trois niveaux distincts dont certains correspondent aux diverses strates de l'édaphotope prairial (fig. 1). Le premier niveau est formé par la bouse elle-même et n'a pas de correspondant au niveau de l'édaphotope prairial. Au niveau de l'*interface sol-bouse*, nous retrouvons, plus ou moins mêlés, l'*hypergaion* et

l'*épigaion*. Enfin, le sol proprement dit ou l'*hypogaion*, situé sous la bouse, va lui aussi, au cours de l'évolution de l'excrément, subir diverses modifications tant sur le plan de sa composition chimique que sur celui de sa structure physique.

b) EVALUATION PONDÉRALE ET SURFACE COUVERTE PAR LES EXCRÉMENTS.

Les prélèvements effectués depuis le mois de juillet 1970 jusqu'à la fin du mois d'août 1973 nous ont permis d'estimer la production fécale moyenne par génisse lors des différents mois de pâture. Le tableau I résume les estimations pondérales moyennes ainsi que les surfaces moyennes de sol prairial recouvertes mensuellement par les excréments.

Nous constatons qu'à la mi-printemps, quelques semaines après la sortie d'étable, les génisses (de 6 mois à 2 ans et demi) excrètent des bouses de petite taille (surface couverte = 3,8 dm² par bouse) et d'un poids sec relativement faible (120 g.). Ces valeurs augmentent progressivement pour atteindre un maximum vers la fin de l'été (surface couverte = 7 dm², 282 g.). Après 6 mois de pâture, nous

TABLEAU I

Variations mensuelles du poids moyen et de la surface moyenne d'une bouse de génisse.

Estimation de la quantité moyenne mensuelle déposée et de la surface mensuelle moyenne recouverte.

Mois	Poids sec moyen d'une bouse (en g) par génisse	Surface moyenne d'une bouse (en dm ²)	Poids sec moyen des bouses déposées par génisse et par mois (en g)	Surface moyenne couverte par mois et par génisse (en dm ²)
mai	120	3,83	29 760	950
juin	184	4,76	44 160	1 142
juillet	215	4,90	53 320	1 215
août	282	6,97	69 936	1 729
septembre	258	5,56	61 920	1 334
octobre	214	4,90	53 012	1 215
Total			312 108	7 585
Estimation pour l'ensemble de la période de pâturage (210 jours)			350 000	8 633

estimons à 312 kg la quantité de bouse (exprimée en poids de matières sèches) déposée par génisse, ce qui représente une surface approximative de 76 m². Cela signifie que, au cours des 210 jours que dure en moyenne une année de pâturage, environ 350 kg de bouses sèches ont recouvert au total près de 87 m² de sol prairial.

Certains auteurs donnent des valeurs sensiblement supérieures aux nôtres. Mais il faut tenir compte de ce que la quantité de fèces excrétée journellement varie avec le poids et l'état physiologique de l'animal. MAC LUSKY (1960) notamment, estime à 66 dm² la surface de sol prairial recouverte journellement par les excréments d'une vache laitière, ce qui correspond à un dépôt annuel couvrant environ 130 m² de surface de prairie.

En ce qui concerne d'ailleurs la production fécale de vaches laitières, des données précises nous ont été communiquées par les laboratoires de physiologie de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université

de Liège à Cureghem. Cette production atteint en moyenne 3 879 g de matières sèches par vache, par jour, ce qui représente au cours d'une année de pâturage (210 jours) une quantité d'excréments déposés de l'ordre de 814 kg (en poids sec) par vache.

On sait par ailleurs que, dans la région liégeoise, une parcelle de 1 ha est suffisante, en moyenne, pour subvenir aux besoins alimentaires de 3 têtes de bétail. Cependant, lorsque la prairie reçoit au cours de l'année divers amendements sous forme d'engrais, on peut arriver à nourrir jusqu'à 5 bêtes par ha.

Ces différentes informations nous amènent à évaluer la quantité d'excréments déposés annuellement par ha de pâturage. Celle-ci représente environ en moyenne 1 à 2,5 T de matières fécales sèches ! Dans les cas extrêmes, le dépôt annuel peut atteindre jusqu'à 4 T/ha, ce qui représente un apport énergétique de 16,54.10⁶ kcal/ha/an. Traduit en superficie, ce dépôt moyen correspond à une surface de prairie de l'ordre de 270 à 634 m².

Nos estimations sont en bon accord avec les évaluations de divers auteurs. En effet, PETERSEN, LUCAS et WOODHOUSE (1956) concluent que 6 à 7 % seulement de la surface du sol prairial restent exempts de tout dépôt d'excrément au cours de 10 ans de pâturage. Dans le même temps, 15 % de la surface prairiale sont recouverts d'excréments à quatre reprises. Ceci est à mettre en relation avec les habitudes grégaires des bovidés qui défèquent généralement en groupe, notamment après chaque période de rumination.

Nous pouvons donc conclure que, dans une prairie pâturée non fauchée, la grande majorité des matières organiques mortes provient quasi uniquement des bouses. Celles-ci constituent sans aucun doute une litière, au même titre que le tapis de feuilles mortes en forêt, mais une litière tout à fait particulière. En effet, avant d'être intégrée au sol, la matière organique ingérée par le bétail est partiellement dégradée lors de son passage dans le tube digestif des bovidés; les matériaux non assimilés et rejetés sous la forme de bouses sont de plus enrichis en diverses substances, qui leur confèrent précisément

des qualités tout à fait originales. C'est donc une litière où les processus de dégradation aboutissant à la minéralisation ont été plus ou moins largement amorcés par le transit dans le tube digestif des bovidés.

Enfin, l'importance pondérale (1 à 2,5 T/ha/an en moyenne) de cet horizon pédologique permet de penser que ces bouses représentent, au sein de l'écosystème prairie pâturée, l'équivalent écologique de litières forestières, en ce sens qu'elles constituent autant de pôles d'énergie et de matières mis à la disposition d'un réseau complexe de chaînes trophiques qui sillonnent l'écosystème à la fois dans l'espace et dans le temps, tout au long de sa transformation.

5. — FLUCTUATIONS SAISONNIÈRES DES POPULATIONS DES PRINCIPALES FAMILLES DE COLÉOPTÈRES COPROPHILES

a) RÉPARTITION GLOBALE, PAR FAMILLE, DE LA FAUNE DES COLÉOPTÈRES COPROPHILES.

Sur l'ensemble de 11 séries de prélèvements, représentant un échantillon de bouses équivalent à 45,745 kg de matières sèches, nous avons recensé 105 630 Coléoptères coprophiles adultes répartis en 6 familles dont les effectifs respectifs sont indiqués dans le tableau II. L'ensemble des individus récoltés correspond, en moyenne, à une communauté de 230 910 individus par 100 kg de matières fécales sèches.

On constate que les populations de Coléoptères coprophiles, abstraction faite de l'époque des prélèvements, sont numériquement dominées par les *Staphylin*s qui représentent plus de la moitié de cette faune. Les *Hydrophilidés* et les *Ptiliidés* forment plus de 40 % du total recensé, tandis que la part la plus réduite, moins de 2 %, est assurée par les *Scarabéidés*, *Géotrupidés* et *Histeridés*.

TABLEAU II

Répartition, par famille, des populations de Coléoptères coprophiles adultes, recensées à partir de 11 séries de prélèvements.

	Nombre total d'individus recensés	Importance relative, exprimée en % du nombre total d'individus capturés
Staphylinidae	57,109	54,07
Hydrophilidae	30,075	28,47
Ptilidae	16,890	15,99
Scarabaeidae	1,454	1,38
Géotrupidae	46	0,044
Histeridae	56	0,053
Total	105,630	100

b) VARIATIONS SAISONNIÈRES DE LA DENSITÉ NUMÉRIQUE DES PRINCIPAUX GROUPES DE COLÉOPTÈRES COPROPHILES RÉCOLTÉS AU COURS DES 11 SÉRIES DE PRÉLÈVEMENTS.

L'ensemble des résultats est exprimé sous la forme de six graphiques (un pour chaque famille) représentant chacun la densité numérique totale de chaque famille de Coléoptères (exprimée en nombre d'individus pour 1 kg de matières fécales sèches) et ses variations saisonnières.

La phénologie des divers groupes et leurs fluctuations annuelles peuvent être résumées comme suit :

1) *Staphylinidae* (fig. 2).

Leurs populations, en dépit d'une certaine variabilité d'une année à l'autre, atteignent leur abondance maximale durant le printemps, avec des densités dépassant parfois les 3 000 individus/kg de matières sèches. Dès la fin du printemps, on enregistre une diminution sensible de leurs effectifs, qui se poursuit durant l'été, pour atteindre finalement, dès le mois

STAPHYLINIDAE

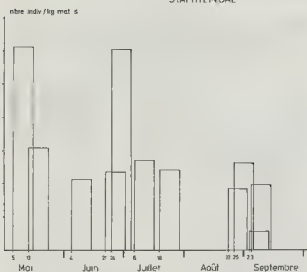


FIG. 2.

2) *Hydrophilidae* (fig. 3).

Cette famille présente incontestablement la plus grande stabilité. Les variations annuelles sont les moins marquées. Les *Hydrophilidae* atteignent des densités très importantes en mai (1 320 individus/kg de matières sèches). Dès l'approche de l'été, leur décroissance brutale ramène leurs effectifs à des densités de l'ordre de 580 individus par kg. Cette situation se maintient durant le mois de juillet. Mais, dès la mi-été, on note une hausse pouvant ramener les densités des populations à près de 800 individus/kg de matières sèches



FIG. 3.

3) *Ptiliidae* (fig. 4).

Cette famille présente certainement les fluctuations annuelles les plus sensibles. Nous noterons cependant que ses représentants semblent les plus nombreux durant tout l'été. L'observation des résultats fournis par les six séries de prélèvements effectués en 1972 caractérise en effet une phénologie à dominance estivale.

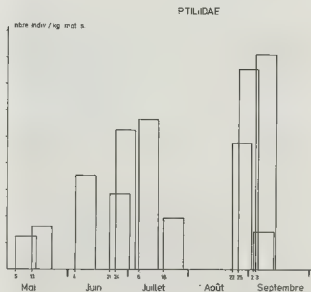


FIG. 4.

de septembre, les densités les plus basses voisines de 300 à 400 individus/kg de matières sèches.

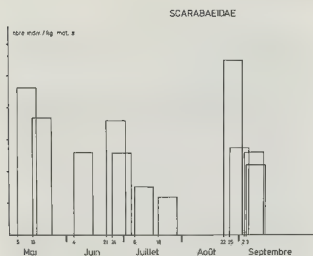


FIG. 5.

4) *Scarabaeidae* (fig. 5).

L'évolution de leurs populations est analogue à celle des *Hydrophilidae*. En effet, les densités maximales au printemps (quelque 50 individus/kg de matières sèches) diminuent sensiblement en juin pour atteindre au début de l'été des valeurs (très stables d'une année à l'autre) de l'ordre de 15 individus. Dès le mois d'août, on observe parfois une augmentation des effectifs qui restent encore abondants au début de septembre.

5) *Geotrupidae* (fig. 6).

L'unique espèce récoltée, de grande taille, présente une phénologie essentiellement estivale et automnale. Lors d'autres récoltes réalisées en septembre, nous avons pu estimer que ces populations peuvent encore comporter en moyenne 4 individus/kg de matières sèches.

6) *Histeridae* (fig. 7).

Importantes jusqu'à la mi-juillet, les populations d'*Histeridae* marquent une nette régression dès le milieu de l'été.

En résumé, les six familles de Coléoptères coprophiles se répartissent en trois groupes relativement distincts au point de vue de leur phénologie. Deux familles, celles des *Staphylinidae* et des *Histeridae*, présentent les densités les plus élevées au cours du printemps. Les *Hydrophilidae* et les *Scarabaeidae* sont caractérisés par deux pics phénologiques, l'un au printemps, l'autre à la fin de l'été. Les *Ptilidae* dominent surtout en été. Les *Geotrupidae* enfin interviennent au sein de l'écosystème à une époque où la plupart des populations coprophiles sont en nette régression.

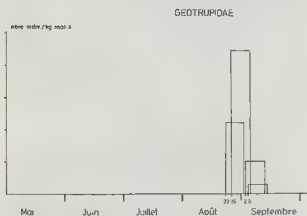


FIG. 6.

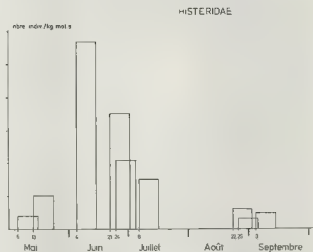


FIG. 7.

TABLEAU III

Répartition spécifique de la biomasse totale de Coléoptères coprophiles adultes sur l'ensemble de 11 séries de prélèvements (couvrant l'ensemble de la période phénologique) (la biomasse est exprimée en g de tissus secs/kg de matières sèches).

Espèces	Biomasse moyenne de chaque espèce (en g/kg mat. sèches)
<i>Aphodius rufipes</i>	0,271
<i>Geotrupes stercorarius</i>	0,261
<i>Sphaeridium lunatum</i>	0,230
<i>Sphaeridium scarabaeoides</i>	0,207
<i>Cercyon lateralis</i>	0,103
<i>Platystethus arenarius</i>	0,103
<i>Cercyon impressus</i>	0,089
<i>Cercyon melanocephalus</i>	0,059
<i>Philonthus splendens</i>	0,054
<i>Aleocharinae</i>	0,054
<i>Cercyon pygmaeus</i>	0,043
<i>Aphodius fossor</i>	0,043
<i>Philonthus varians</i>	0,041
<i>Oxytelus laqueatus</i>	0,040
<i>Aphodius rufus</i>	0,036
<i>Tachinus collaris</i>	0,021
<i>Philonthus proximus</i>	0,021
<i>Autalia rivularis</i>	0,018
<i>Megasternum boletophagum</i>	0,017
<i>Oxytelus piceus</i>	0,015
<i>Aphodius ater</i>	0,015
<i>Philonthus carbonarius</i>	0,015
<i>Hister unicolor</i>	0,012
<i>Oxytelus tetracaratus</i>	0,011
<i>Cercyon haemorrhoidalis</i>	0,011
<i>Sphaeridium substriatum</i>	0,010
<i>Oxytelus sculpturatus</i>	0,010
<i>Aphodius pusillus</i>	0,010
<i>Aphodius fimetarius</i>	0,009
<i>Cercyon lugubris</i>	0,008
<i>Cryptopleurum minutum</i>	0,008
<i>Philonthus oruentatus</i>	0,008
<i>Ptilidae Gn. sp. 2</i>	0,007
<i>Philonthus marginatus</i>	0,007
<i>Philonthus fimetarius</i>	0,007
<i>Margarinotus carbonarius</i>	0,006
<i>Onthophagus coenobita</i>	0,005
<i>Philonthus atratus</i>	0,004
<i>Megarhthus denticollis</i>	0,004
<i>Aphodius haemorrhoidalis</i>	0,004
<i>Aphodius strictus</i>	0,002
<i>Philonthus sanguinolentus</i>	0,002
<i>Gabrus piliger</i>	0,002
<i>Ptilidae Gn. sp. 1</i>	0,002
<i>Megarhthus depressus</i>	0,002
<i>Gyrokypnus agustatus</i>	0,001
<i>Ptilidae Gn. sp. 3</i>	0,001
<i>Cercyon quisquilius</i>	0,001
<i>Ptilidae Gn. sp. 4</i>	0,001

c) LISTE SYSTÉMATIQUE ET DÉTERMINATION PONDÉRALE SPÉCIFIQUE.

L'énumération des espèces dominantes ou caractéristiques rencontrées dans les 11 séries de prélèvements est présentée dans l'annexe 1. Pour chacune des espèces, nous donnons (sur la base d'observations personnelles ou de données bibliographiques) la nature de son régime alimentaire et le poids sec moyen (stade adulte). Nous avons également rencontré un certain nombre d'espèces qui, en raison de leur représentativité trop faible, sont considérées comme accidentelles dans l'éco-système et qualifiées d'espèces « coproxènes ». Ces espèces sont signalées en note infrapaginale. Sur la base des résultats pondéraux obtenus pour chaque espèce, nous pouvons estimer la biomasse correspondante aux 105 630 coléoptères adultes récoltés. La répartition, par ordre des biomasses décroissantes, des différentes espèces recensées figure dans le tableau III.

Parmi ces 49 espèces, 17 forment chacune plus de 1 % de la biomasse totale. La dominance de 4 espèces seulement est flagrante : 2 espèces de Lamellicornes coprophages (*Aphodius rufipes* et *Geotrupes stercorarius*) et 2 espèces d'Hydrophilides prédateurs (*Sphaeridium lunatum* et *Sphaeridium scarabaeoides*); à elles seules, ces 4 espèces coprophiles représentent 50,21 % de la biomasse totale. La suite de ce travail mettra en évidence l'intérêt primordial de ces espèces dans l'écosystème bouse.

Il nous reste à préciser l'importance relative que prennent, au sein de cette faune coprophile, les deux niveaux trophiques considérés : coprophages et prédateurs. Le tableau IV mentionne les valeurs des densités numériques et des biomasses absolues et relatives des différents groupes d'espèces d'après la nature de leur régime alimentaire.

On constate que la faune des Coléoptères coprophiles adultes comprend deux fois plus d'espèces coprophages que d'espèces prédatrices. Les populations de prédateurs (adultes) totalisent 0,68 g de tissus secs contre 1,25 g pour les coprophages, par kg de bouses sèches. Schématiquement, on peut définir

TABLEAU IV

Répartition de la densité numérique, de la biomasse absolue et relative des populations coprophiles (1).

Nombre d'espèces	Familles	Nombre total de captures (1)	Biomasse absolue en g de tissus secs/kg. m.s.	Biomasse relative en %
<i>A. Prédateurs</i>				
3	Hydrophilidae	2 478	0 448	65 29
12	Staphylinidae	19 014	0 126	31 68
2	Histeridae	56	0 019	2 73
17		21 548	0 682	100 00
<i>B. Coprophages</i>				
9	Hydrophilidae	27 597	0,326	26,08
9	Staphylinidae	38 095	0,241	19 34
9	Scarabaeidae	1 454	0,395	31 62
1	Geotrupidae	46	0 261	20 93
4	Ptiliidae	16 890	0 025	2 03
32		84 082	1 248	100 00

(1) 11 séries de prélèvements, soit 220 bouses inventoriées.

l'ensemble des coléoptères adultes coprophiles comme constitué pour 2/3 d'espèces coprophages et pour 1/3 d'espèces prédatrices. Notons également la prépondérance relative des Hydrophilidae prédateurs (avec seulement 3 espèces : *Sphaeridium scarabaeoides*, *Sphaeridium lunatum* et *Sphaeridium substriatum*), tandis que les coprophages sont partagés de manière sensiblement égale entre les Hydrophilidae, les Scarabaeidae et les Geotrupidae et les Staphylinidae. Les Ptiliidae, enfin, bien que numériquement abondants, ne représentent que 2 % de la biomasse totale des coprophages.

6. — PHÉNOLOGIE DES PRINCIPALES ESPÈCES DE COLÉOPTÈRES COPROPHILES

Nous avons déterminé pour chaque espèce la densité numérique moyenne mensuelle en réunissant

les résultats relatifs à l'ensemble des séries d'observations réalisées pendant un mois donné, quelle que soit l'année (entre 1971 et 1973) (le sens des variations saisonnières subit peu de modifications d'une année à l'autre). Cependant, afin de mieux délimiter les divers groupes phénologiques rencontrés et de faciliter la discussion des résultats, nous avons exprimé ces densités mensuelles moyennes de chaque espèce en % de la densité de leurs populations totales (somme des densités mensuelles moyennes par espèces). L'ensemble des résultats nous permet de définir quatre groupes phénologiques fondamentaux dont l'expression graphique fait l'objet des figures 8 à 13. Ces figures sont construites en additionnant les valeurs numériques moyennes mensuelles des différentes espèces constituant un groupe phénologique considéré.

a) Nous distinguerons en premier lieu un groupe très important réunissant 17 espèces caractérisées par une phénologie à dominance printanière. Toutefois, au sein de ce groupe, il convient de reconnaître trois tendances :

1. Un ensemble de 9 espèces dont les effectifs dominants au printemps (mai) décroissent régulièrement tout au long de l'année (fig. 8) (*Sphaeridium lunatum*, *Sphaeridium scarabaeoides*, *Cercyon lugubris*, *Amphidion pusillus*, *Cercyon ater*, *Oxytelus piceus*, *Oxytelus laqueatus*, *Oxytelus tetracarinatus*, *Philonthus fimetarius*).

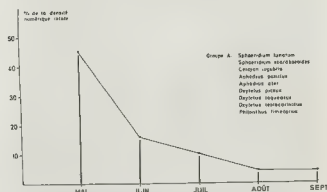


FIG. 8. — Phénologie des coléoptères coprophiles.
Espèces printanières dominantes (groupe A).

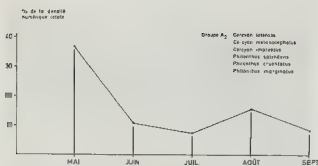


FIG. 9. — Phénologie des coléoptères coprophiles. Espèces printanières dominantes (groupe A₁).

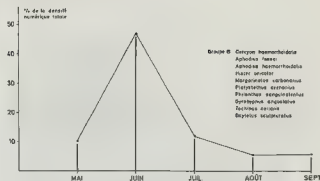


FIG. 11. — Phénologie des coléoptères coprophiles. Espèces préestivales dominantes (groupe B).

2. Trois Hydrophilides (*Cercyon lateralis*, *Cercyon melanocephalus*, *Cercyon impressus*) et trois Staphylinides (*Philonthus splendens*, *Philonthus cruentatus*, *Philonthus marginatus*) également dominants au printemps, présentent, après un déclin préestival (fin juin, début juillet) très net, une hausse légère de leurs effectifs vers la fin de l'été (août) (fig. 9).
3. Enfin, deux espèces de Scarabéides (*Aphodius sticticus*, *Ontophagus coenobita*) se caractérisent par leur disparition momentanée survenant à la fin du printemps. Leurs populations se reconstituent sous la forme d'une deuxième génération estivale (d'ailleurs peu importante), active en août et septembre (fig. 10).



FIG. 10. — Phénologie des coléoptères coprophiles. Espèces printanières dominantes et à seconde génération automnale (groupe A₂).

b) Nous pouvons reconnaître ensuite un ensemble de 12 espèces, 1 Hydrophilide (*Cercyon haemorrhoidalis*), 2 Scarabéides (*Aphodius foveatus* et *Aphodius haemorrhoidalis*), 2 Hister (*Hister unicolor* et *Margaritaster carbonarius*) et 5 Staphylinides (*Platystethus arenarius*, *Philonthus sanguinolentus*, *Gyrohypnus angustatus*, *Tachinus collaris* et *Oxytelus sculpturatus*) et 2 espèces de Ptiliidae (3 et 4) dont l'abondance maximale se situe à la fin du printemps (juin). Leur importance est de courte durée puisque leurs populations régressent déjà nettement en juillet et se raréfient continuellement durant le reste de l'été (fig. 11).

c) Un groupe de 4 espèces (*Aphodius rufus*, *Aphodius rufipes*, *Geotrupes stercorarius*, Ptiliidae 2) forme un groupe phénologique à dominance nette estivale, et même automnale dans le cas de *Geotrupes stercorarius*.

En outre, les trois lamellicornes mentionnés sont totalement absents de l'écosystème durant le printemps.

Les *Aphodius rufipes* et, dans une moindre mesure, les *Aphodius rufus* commencent à apparaître à la fin de juin. Les *Geotrupes* quant à eux interviennent plus tard, vers la mi-été (fig. 12).

d) Le quatrième et dernier groupe phénologique renferme les 16 espèces restantes, toutes caractérisées par une phénologie plus largement étalée sur l'ensemble des saisons avec toutefois une légère

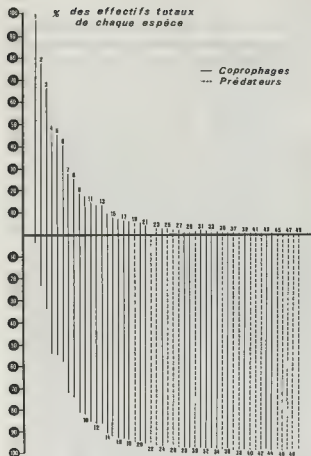


FIG. 14. — Répartition spatiale des populations de coléoptères coprophiles entre l'excrément et la surface du sol sous-jacent.

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1) <i>Aphodius haemorrhoidalis</i> . | 27) <i>Sphaeridium lunatum</i> . |
| 2) <i>Aphodius ater</i> . | 28) <i>Aphodius rufipes</i> . |
| 3) <i>Platystethus arenarius</i> | 29) <i>Ptilidae 3</i> |
| 4) <i>Aphodius sticticus</i> . | 30) <i>Margarinotus carbonarius</i> . |
| 5) <i>Cercyon quisquilius</i> . | 31) <i>Autalia rivularis</i> . |
| 6) <i>Oxytelus sculpturatus</i> . | 32) <i>Megarthus depressus</i> . |
| 7) <i>Aphodius fimetarius</i> . | 33) <i>Megasternum</i> |
| 8) <i>Cercyon pygmaeus</i> . | <i>boleophagum</i> . |
| 9) <i>Aphodius rufus</i> . | 34) <i>Tachinus collaris</i> . |
| 10) <i>Oxytelus tetracarinatus</i> . | 35) <i>Philonthus cruentatus</i> . |
| 11) <i>Cryptoleurum minutum</i> | 36) <i>Geotrupes stercorarius</i> . |
| 12) <i>Aphodius fossor</i> . | 37) <i>Philonthus fimetarius</i> . |
| 13) <i>Aphodius pusillus</i> . | 38) <i>Philonthus carbonarius</i> . |
| 14) <i>Cercyon haemorrhoidalis</i> . | 39) <i>Ptilidae 1</i> . |
| 15) <i>Oxytelus piceus</i> . | 40) <i>Philonthus atratus</i> . |
| 16) <i>Oxytelus laqueatus</i> . | 41) <i>Philonthus varians</i> |
| 17) <i>Ontophagus coenobita</i> | 42) <i>Sphaeridium</i> |
| 18) <i>Cercyon lateralis</i> . | <i>scarabaeoides</i> |
| 19) <i>Philonthus sanguinolentus</i> . | 43) <i>Ptilidae 4</i> . |
| 20) <i>Megarthus denticollis</i> . | 44) <i>Cercyon lugubris</i> |
| 21) <i>Cercyon impressus</i> . | 45) <i>Philonthus splendens</i> . |
| 22) <i>Hister unicolor</i> . | 46) <i>Gabrieus piliger</i> . |
| 23) <i>Aleocharinae</i> . | 47) <i>Sphaeridium substriatum</i> . |
| 24) <i>Cercyon melanocephalus</i> . | 48) <i>Philonthus proximus</i> . |
| 25) <i>Ptilidae 2</i> . | 49) <i>Philonthus marginatus</i> . |
| 26) <i>Gyrophypnus angustatus</i> . | |

b) MÉTHODES.

Au cours de chaque série de prélèvements, nous procédons à l'extraction des coléoptères adultes après séparation de l'excrément du sol sous-jacent. Nous pouvons de la sorte distinguer les espèces localisées soit dans la matière fécale elle-même, soit à l'interface sol-bouse ou dans le sol proprement dit.

Les résultats de cette analyse sont donnés dans la figure 14 qui représente la manière dont se répartissent les effectifs de 49 espèces de coléoptères, en signalant par ailleurs la nature de leurs habitudes trophiques.

c) DISCUSSION.

La majorité des espèces considérées (soit 46 sur 49) répartissent plus de 50 % de leurs effectifs au niveau de l'interface sol-bouse ou dans la terre elle-même. Ce sont les espèces typiquement coprophages qui ont tendance à se localiser en proportion relativement élevée au sein de la bouse; trois d'entre elles, *Aphodius haemorrhoidalis*, *Aphodius ater* et *Platystethus arenarius* occupent la masse même de la bouse à concurrence de plus de 60 % des effectifs de leurs populations respectives. Par contre, dans le cas des espèces prédatrices sans exception, 95 % de leurs populations sont localisés sous l'excrément. Mais l'observation de leur activité sur le terrain montre que de brèves incursions dans la bouse sont fréquentes. La majorité de leurs proies, pour la plupart des larves de Diptères, habitent la masse fécale elle-même. Précisons toutefois que les populations larvaires mises en place en premier lieu appartiennent à des espèces de Diptères coprophiles qui ne colonisent pas l'ensemble de l'excrément immédiatement après leur éclosion. Les jeunes larves restent sous la surface de la bouse, là où les conditions d'oxygénation sont les meilleures. La formation plus ou moins rapide d'une croûte détermine la création d'un microhabitat superficiel parcouru par de nombreuses

travées de bouse fraîche et au niveau desquelles débouchent les galeries créées par le déplacement des coléoptères adultes. Au fur et à mesure de la dessiccation progressive de l'excrément et surtout de ses couches superficielles, les populations larvaires migrent de plus en plus profondément dans la bouse. Arrivées à la fin de leur développement, les larves de Diptères sont concentrées au niveau de l'interface sol-bouse. D'ailleurs, nombre d'entre elles forment leurs pupes à même le sol sous la bouse. L'activité prédatrice des coléoptères se situe donc davantage dans les microcavités creusées sous la croûte. Les résultats d'une analyse fractionnée plus poussée confirment en effet cette interprétation. Au cours d'une série de prélèvements, nous avons systématiquement isolé la croûte du reste de l'excrément et l'extraction des coléoptères a été réalisée à cette occasion au niveau de trois strates bien délimitées, à savoir la croûte et ses microcavités, la bouse elle-même et le sol sous-jacent. Dans ces conditions, nous observons que, sur l'ensemble des Staphylins prédateurs récoltés au sein même de l'excrément, plus de 61 % de leurs effectifs sont en effet localisés à la face inférieure de la croûte et dans les microcavités sous-jacentes à celle-ci.

5) Nous venons donc d'établir que la majorité des coléoptères coprophiles adultes, *dans les premières heures de la matinée*, sont localisés de manière prépondérante au niveau de l'interface sol-bouse. Il n'est pas étonnant de trouver à cette heure matinale les populations de coprophiles concentrées dans ce microhabitat sol-bouse. En effet, les températures régnaient à ce niveau et à cette période de la journée, sont encore relativement basses (elles dépassent rarement les 15 °C).

Ces températures sont sans doute trop faibles pour permettre la pleine activité des coprophiles et l'invasion temporaire de la masse ou de la surface de la bouse.

8. — VARIATIONS SAISONNIÈRES DE L'IMPORTANCE PONDÉRALE RELATIVE DES POPULATIONS DE COLÉOPTÈRES ADULTES COPROPHAGES ET PRÉDATEURS

Après avoir décrit, pour chacune des espèces, l'évolution saisonnière de leurs populations, il nous paraît intéressant de regrouper nos résultats en tenant compte cette fois de la nature du niveau trophique considéré. Les renseignements actuellement disponibles ne nous permettent de distinguer que deux niveaux trophiques fondamentaux dans l'écosystème bouse, tout au moins en ce qui concerne les populations de coléoptères adultes : les coprophages et les prédateurs. Les figures 15 et 16 présentent l'évolution de la biomasse respective des coléoptères coprophages et prédateurs. Les biomasses mensuelles moyennes de chaque niveau considéré (par rapport à un poids identique de matières fécales sèches) sont exprimées sous la forme de cercles dont la surface est proportionnelle à cette biomasse. Chaque cercle est ensuite découpé en secteurs dont l'importance est relative à la biomasse des différents groupes systématiques considérés.

a) VARIATIONS SAISONNIÈRES DE LA BIOMASSE DES COLÉOPTÈRES COPROPHAGES (fig. 15).

Les coprophages connaissent deux époques florissantes. D'une part, au printemps où ils atteignent en mai des biomasses moyennes de 125 g/100 kg de matières sèches et, d'autre part, vers la fin de l'été, en août, avec des biomasses dépassant 200 g/100 kg de matières sèches. On constate d'autre part que la part prise par les différents groupes systématiques varie d'une saison à l'autre.

En premier lieu, et en dépit de leurs effectifs parfois importants, les Ptiliidae interviennent très peu

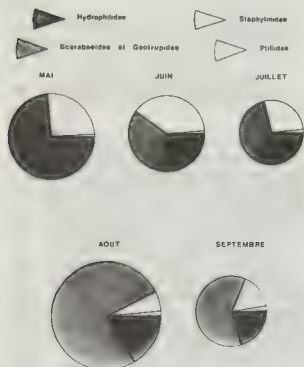
Variations saisonnières de la biomasse
des coléoptères coprophages

FIG. 15.

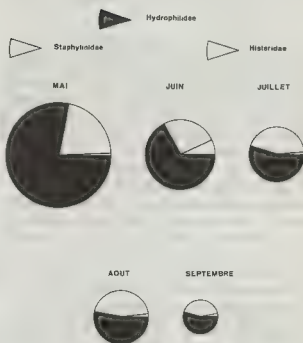
Variations saisonnières de la biomasse
des coléoptères coprophiles prédateurs

FIG. 16.

dans la biomasse des coprophages. Les Staphylinides coprophages ne subissent guère de variations jusqu'au début de l'été. Par la suite, leur biomasse diminue assez nettement. Les Hydrophilidae et les Scarabaeidae enfin se partagent l'essentiel de la biomasse des coprophages.

Les Hydrophilidae assurent, au printemps, plus de 60 % de cette biomasse. Dès le mois de juin, leurs populations n'interviennent plus que pour 30 % environ. Leur participation se réduit davantage encore (17 à 20 %) vers la fin de l'été. Quant aux Scarabaeidae et Geotrupidae (réunis ici pour la facilité de la discussion), nettement dominés au printemps, ils manifestent dès l'approche de l'été une augmentation très sensible de leur biomasse, augmentation correspondant à l'irruption dans l'écosystème d'espèces estivales de poids élevé. Ils occupent rapidement, au cours de l'été, une place largement dominante (près de 75 % de la biomasse).

b) VARIATIONS SAISONNIÈRES DE LA BIOMASSE DES COLÉOPTÈRES COPROPHILES PRÉDATEURS.

De l'examen de la fig. 16, il ressort clairement que la biomasse des prédateurs suit une évolution saisonnière régulière, essentiellement marquée par des valeurs élevées au printemps, suivie d'une régression amorcée dès le mois de juin. Après une stabilisation durant l'été vers des valeurs voisines de 50 g/100 kg de matières sèches, la biomasse totale tombe à quelque 21 g/100 kg de matières sèches. Les Hydrophilidae représentés ici par les trois espèces du genre *Sphaeridium* dominant nettement l'ensemble des prédateurs et cela quelle que soit la saison.

Leur proportion est écrasante au printemps puisqu'à cette époque, ils représentent plus de 78 % de la biomasse totale des coléoptères adultes préda-

teurs, et reste élevée en été (plus de 50 % de la biomasse totale), malgré le déclin de leurs populations.

L'évolution de la biomasse des Staphylinus suit, toutes proportions gardées, celle des *Sphaeridium*. Leur participation maximale, au printemps, avec des valeurs de l'ordre de 40 g, se stabilise jusqu'à la fin août aux environs de 22 g/100 g de matières sèches. Leur déclin s'amorce nettement dès le début de septembre. Enfin, les deux espèces d'Histeridae rencontrées, malgré leur taille importante, ne constituent jamais plus de 6 % de la biomasse.

c) EVOLUTION SAISONNIÈRE DU RAPPORT COPROPHAGES/PRÉDATEURS.

Nous sommes conscient de ne considérer ici qu'une fraction des niveaux trophiques de l'écosystème bouse, puisque notre étude se limite aux seules populations de coléoptères adultes. Il n'en reste pas moins intéressant de préciser l'importance relative du rapport coprophages/prédateurs et de ses variations saisonnières.

Dans le tableau V, nous avons indiqué la valeur du rapport de la biomasse mensuelle moyenne des coprophages à celle des prédateurs de mai à septembre.

TABEAU V

Variations mensuelles du rapport coprophages/prédateurs

	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.
Rapport de la biomasse mensuelle des coprophages à celle des prédateurs coprophiles	0,67	1,17	1,45	3,92	4,12

Nous constatons que ce rapport présente au printemps (mai) une valeur inférieure à l'unité, indiquant ainsi à cette époque la dominance des prédateurs (groupant des consommateurs de deuxième et troisième ordre) sur les coprophages (considérés comme consommateurs primaires). Nous ne concluons pas pour autant à l'existence, à cette époque, d'une pyramide inversée des biomasses puisqu'il nous man-

que une fraction non étudiée de la biocénose coprophile, constituée pour une large part de populations larvaires où dominent les espèces coprophages. Mais, dans le cadre de cette étude, restreint aux populations de coléoptères adultes, il est certain que la prédominance des prédateurs sur les coprophiles au printemps présente un intérêt écologique indéniable.

Dès la fin du printemps, la situation s'inverse; les coprophages prenant un léger avantage sur les prédateurs, avantage qui croît dans le courant de l'été pour atteindre une proportion de 4 pour 1. La dominance des prédateurs au printemps résulte essentiellement des biomasses élevées des *Sphaeridium*. La prédominance des coprophages en été est due à l'accroissement des populations de Scarabéides et de Géotrupides.

d) CONCLUSIONS.

Ces résultats nous permettent de formuler quelques conclusions intéressantes sur le plan de la synécologie descriptive: l'écosystème « bouse de bovidés », tout au moins au niveau de sa composante bactériotique constituée par les populations de coléoptères adultes, passe par trois phases primordiales au cours de son évolution saisonnière:

1) Une phase printanière où dominent largement les coléoptères prédateurs essentiellement représentés par les espèces du genre *Sphaeridium*.

2) Une phase estivale et automnale caractérisée par la supériorité des Coléoptères coprophages dominés par deux espèces de Lamellicornes, *Aphodius rufipes* et *Geotrupes stercorarius*.

3) Une phase de transition située fin juin, début juillet.

9. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les excréments de bovidés et la biocénose qui leur est associée constituent dans leur ensemble un écosystème étroitement lié à l'édaphotope prairial. Dès

son dépôt, chaque bouse peut être considérée comme une unité écologique « sol-bouse » de la prairie pâturée. Chacune de ces unités, à la suite de l'émission de substances volatiles attractives, provoque l'installation rapide d'une faune richement diversifiée parmi laquelle les coléoptères coprophiles adultes tiennent une place importante, en raison :

a) de leur grande diversité spécifique : 49 espèces réparties en six familles ont été recensées au cours de trois années d'observation au niveau d'une seule et même prairie de l'Ardenne condrusienne. Parmi ces espèces, nous pouvons souligner l'importance quantitative numérique des Staphylinides et des Hydrophilides qui, à eux seuls, représentent près de 80 % de l'ensemble des individus de la communauté envisagée;

b) de leur densité numérique élevée : celle-ci atteint en moyenne des valeurs de l'ordre de 2 000 à 2 500 individus par kg de matières fécales sèches (ce qui représente environ 5 bouses fraîches);

c) de la biomasse importante de certaines espèces, notamment celles appartenant au genre *Sphaeridium* ainsi que de la plupart des espèces de Scarabéides (*Aphodius*) et surtout une espèce de Géotrupide, *Geotrupes stercorarius*.

Ces quelques éléments faunistiques, en dépit de fluctuations saisonnières parfois importantes (Scarabéides et Géotrupides) marquent incontestablement par leur présence et leur rôle, au sein des excréments, l'ensemble de la communauté coprophile tout entière.

Un des aspects également remarquable de cette communauté réside dans sa localisation spatiale, concentrée (au moins durant les heures matinales relativement fraîches encore) au niveau de l'interface sol-bouse, où hypergaie et épigaie se trouvent étroitement mêlées. C'est à ce niveau du biotope que s'exercent la plupart des activités des populations de Coléoptères coprophiles : prise de nourriture fécale, incursions des prédateurs à l'intérieur de la masse fécale, enfouissement dans le sol sous-jacent des fractions plus ou moins importantes d'excréments, généralement destinées à la ponte et aux développements larvaires de nombreuses espèces coprophiles.

ANNEXE 1

Poids secs moyens des principales espèces ou groupes d'espèces de coléoptères adultes recensés dans les bouses étudiées (C : coprophage — P : prédateur).

Espèces ou groupes d'espèces	Régime alimentaire	Poids sec moyen individuel (en mg)
<i>Cercyon pygmaeus</i> (Ill.)	C	0,160
<i>Cercyon lateralis</i> (Marsh.)	C	0,840
<i>Cercyon melanocephalus</i> (L.)	C	0,060
<i>Cercyon impressus</i> (Sturm.)	C	1,370
<i>Cercyon haemorrhoidalis</i> (Fabr.)	C	1,170
<i>Cercyon lugubris</i> (Ol.)	C	1,900
<i>Cercyon quisquilius</i> (L.)	C	0,329
<i>Cryptolepium minutum</i> (F.)	C	0,340
<i>Megasternum boletophagum</i> (Marsh.)	C	0,310
<i>Sphaeridium lunatum</i> (L.)	P	8,460
<i>Sphaeridium scarabaeoides</i> (L.)	P	8,080
<i>Sphaeridium substriatum</i> (Fald.)	P	8,075
<i>Aphodius pusillus</i> (Herbst.)	C	1,300
<i>Aphodius ater</i> (De Geer)	C	4,900
<i>Aphodius fossor</i> (L.)	C	32,700
<i>Aphodius sticticus</i> (Panzer)	C	3,100
<i>Aphodius fumetarius</i> (L.)	C	9,900
<i>Aphodius haemorrhoidalis</i> (L.)	C	3,300
<i>Aphodius rufipes</i> (L.)	C	24,200
<i>Aphodius rufus</i> (Moll.)	C	6,650
<i>Onthophagus coenobita</i> (Herbst.)	C	18,800
<i>Geotrupes stercorarius</i> (L.)	C	260,000
<i>Aleocharinae</i> sp.	P	0,151
<i>Philonthus varians</i> (Payk.)	P	1,559
<i>Philonthus splendens</i> (F.)	P	11,318
<i>Philonthus fumetarius</i> (Grav.)	P	1,124
<i>Philonthus atratus</i> (Grav.)	P	1,534
<i>Philonthus carbonarius</i> (Gyll.)	P	5,663
<i>Philonthus proximus</i> (Kr.)	P	6,889
<i>Philonthus sanguinolentus</i> (Grav.)	P	2,575
<i>Philonthus cruentatus</i> (Gmelin)	P	2,280
<i>Philonthus marginatus</i> (Stroem)	P	3,359
<i>Gabrieus piliger</i> (Ray)	P	0,352
<i>Gyrohypnus angustatus</i> (Steph.)	P	1,472
<i>Tachinus collaris</i> (Grav.)	P	0,879
<i>Aualla rivalaris</i> (Grav.)	C	0,081
<i>Oxytelus piceus</i> (L.)	C	0,607
<i>Oxytelus laqueatus</i> (Marsh.)	C	0,606
<i>Oxytelus sculpiratus</i> (Grav.)	C	0,611
<i>Oxytelus tetracarinatus</i> (Block)	C	0,087
<i>Megarhithus depressus</i> (Payk.)	C	0,189
<i>Megarhithus denticolis</i> (Beck)	C	0,361
<i>Playstethus arenarius</i> (Fourc.)	C	0,419
<i>Hister unicolor</i> (L.)	P	24,879
<i>Margarinotus carbonarius</i> (Illiger)	P	8,610
Ptilinidae 1	C	0,013
Ptilinidae 2	C	0,041
Ptilinidae 3	C	0,020
Ptilinidae 4	C	0,032

Espèces accessoires :

Cercyon unipunctatus (L.) — *Cercyon terminatus* (Marsh.) — *Oxymorus sylvestris* (Scopoli) — *Aphodius foetens* (Fabricius) — *Aphodius contaminatus* (Herbst.) — *Aphodius coenosus* (Illiger) — *Aphodius porcus* (Fabricius) — *Philonthus sordidus* (Grav.)

— *Philonthus fuscipennis* (Mannh.) — *Philonthus addendus* (Steph.) — *Philonthus albipes* (Grav.) — *Philonthus politus* (L.) — *Gabrius subingritulus* (RH.) — *Gabrius pennatus* (Sharp) — *Xantholus linearis* (OL.) — *Xantholus longiventris* (Heer) — *Xantholus glabratus* (Grav.) — *Stenus* sp. — *Stilicus orbicularis* (Payk.) — *Tachinus marginellus* (F.) — *Tachinus lignorum* (L.) — *Tachinus latcollicis* (Grav.).

La détermination des différentes espèces d'Alcocharinines présentant de notables difficultés que seules un systématicien spécialiste peut affronter, nous avons réuni sous la dénomination de la sous-famille l'ensemble des espèces caractéristiques de cette unité taxinomique. Leurs sautelles étant très semblables, nous n'introduisons, à notre avis, qu'une erreur légère dans les estimations de biomasses.

BIBLIOGRAPHIE CITÉE DANS LE TEXTE ET OUVRAGE CONSULTÉS

- BORNEMISSZA (G. F.), 1960. — Could dung eating insects improve our pastures? *The Jour. of Austr. Inst. Agric. Sci.*, **25**, 54-56.
- CHANDLER, 1929. — Cité in POORBAUGH (1966): Ecological studies on the insect community utilizing undisturbed cattle droppings. Thesis of University of California, Berkeley.
- FINNE (D.) et DESIÈRE (M.), 1971. — Etude synécologique des bouses de Bovidés. I. Evolution estivale de la biomasse des coléoptères en fonction du vieillissement des bouses. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, **8** (3), 409-417.
- FISHER (R. A.), CORBET (A. S.) and WILLIAMS (C. B.), 1943. — The relation between the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.*, **12**, 42-58.
- GILLARD P., 1967. — Coprophagous beetles in pasture ecosystems. *The Journ. of the Austr. Inst. of Agric. Sci.*, **33**, 30-34.
- HAFFÉZ M., 1939. — Some ecological observations on the insect fauna of dung. *Bull. Soc. Fouad I Entom.*, **23**, 241-287.
- HAMMER (O.), 1941. — *Biological and ecological investigations on flies associated with pasturing cattle and their excrement.* (Copenhagen, Bianco Lunos Bogtrykkeri A/S, 1-257).
- HANSKI (L.), 1980. — The community of coprophagous beetles (Coleoptera, Scarabaeidae and Hydrophilidae) in Northern Europe. *Ann. Ent. Fennici*, **46** (3), 57-74.
- HOLTER (P.), 1979. — Abundance and reproduction strategy of the dung beetle: *Aphodius rufipes* (L.) (Scarabaeidae). *Ecol. Ent.*, **4** (4), 317-326.
- JANSENS (A.), 1950. — Manuel du chasseur d'insectes. Ouvrage édité par le Patrimoine de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, 1950.
- LUMARET (J. P.), 1978. — Biogéographie et écologie des Scarabéides coprophages du Sud de la France. Thèse Doc. Université de Montpellier, U.S.T.L., 254 pp.
- MAC FAYDEN (A.), 1963. — *Animal Ecology*. Aims and methods. London, Sanders, 1963, 344 pp.
- MAC LSUKY (D. S.), 1960. — *J. Br. Grassld. Soc.*, **15**, 181-188. (Cité in *Grassland Ecology*, by SPEDDING, C.R.W., Oxford, Clarendon Press, 1971).
- MADLE (H.), 1934. — Zur Kenntnis der Morphologie, Ökologie und Physiologie, von *Aphodius rufipes* L. und einigen verwandten Arten. *Zool. Jahrb. Anat. Ont. Jena*, **58**.
- MOHR (C.), 1943. — Cattle droppings as ecological units. *Ecol. Monogr.*, **13**, 275-298.
- PETERSEN (R.G.), LUCAS (H.L.) and WOODHOUSE (W.W.), 1956. — *Pl. Agron. J.*, **48**, 440-444. (Cités in *Grassland Ecology*, by SPEDDING, C.R.W., Oxford, Clarendon Press, 1971).
- POORBOUGH (J.H.J.), 1966. — Ecological studies on the insect community utilizing undisturbed cattle droppings. Thesis of University of California, Berkeley.
- RICOU (G.), 1967. — Etude biocénotique d'un milieu « naturel » : la prairie permanente pâturée. *Ann. Epiph.*, **18**, n° hors série 1, 1-148.
- SNOWBALL (G.J.), 1942. — A considération of the insect population associated with cow dung at Crawley, W.A. *J.R. Soc. W. Austr.*, **28**, 219-245.

RÉSUMÉS DE THÈSES

Saad AL HAYANI. — *Influence des rythmes d'irrigation à différents niveaux de nutrition minérale sur la croissance, le développement et l'équilibre hydrique d'une plante annuelle, le Sinapis alba L.* Thèse de Docteur-Ingénieur, Spécialité Ecologie végétale, Université de Paris-XI, Orsay, soutenue le 22 novembre 1982. Jury : MM. JACQUES, LEMÉE, SAUGIER, Mme VARTANIAN, M. VERNET.

De nombreuses recherches ont été consacrées à l'irrigation des cultures. Cependant on a peu étudié la réponse des plantes à des interactions complexes et précises en conditions expérimentales contrôlées telles que des rythmes d'irrigation déterminés sous conditions nutritives variées.

Le matériel végétal choisi dans cette étude a été le *Sinapis alba*, plante assez représentative des espèces mésophiles annuelles quant à son évolution morphologique et à son comportement hydrique. Par ailleurs les réactions adaptatives à la sécheresse ont été antérieurement bien étudiées.

Les expériences ont été réalisées au Phytotron de Gif-sur-Yvette dans des enceintes climatisées (microphyto-trons) à une température constante de 22°C, une humidité relative atmosphérique de 40 % et sous une photopériode de 16 heures à 120 W.m⁻² d'intensité lumineuse. Les cultures sont sur un sol sableux à faible réserve en eau utile et pauvre en éléments minéraux. Les expériences comprenaient quatre traitements d'irrigation : tous les 2, 4, 8 ou 16 jours, et un cinquième sans apport hydrique ultérieur, dans trois conditions de nutrition minérale : sable irrigué régulièrement avec une solution nutritive équilibrée, ou avec de l'eau distillée, ou humidifié au départ avec la solution nutritive et irrigué ensuite à l'eau distillée.

Les principaux résultats obtenus concernant la morphologie de la plante, sa croissance et son développement, d'une part, l'évolution des paramètres hydriques d'autre part.

En ce qui concerne la morphologie des organes aériens, un apport nutritif important a réduit la hauteur

des plantes fréquemment irriguées (tous les 2 ou 4 jours) par rapport aux deux autres conditions nutritives. Par contre, la nutrition minérale apparaît sans influence sur la vitesse de formation des feuilles quels que soient les rythmes d'irrigation. Néanmoins l'accroissement de la surface foliaire est très sensible au rythme lorsque l'apport nutritif est important.

Au niveau de l'appareil souterrain, l'état hydrique et les conditions nutritives jouent un rôle déterminant sur le diamètre du pivot et le nombre de racines latérales, ce qui permet de les considérer comme des indicateurs fiables de la variation de ces deux facteurs. Le *Sinapis alba*, comme d'ailleurs de nombreuses espèces, a la particularité de former des racines qui tubérisent au cours de la sécheresse. Ces racines qui fonctionnent et s'allongent normalement lorsque les conditions hydriques redeviennent favorables permettent donc d'accroître la surface absorbante après la rehydratation. Ainsi l'effet de la durée de l'intervalle entre les irrigations est-il d'augmenter le nombre de ces racines, qui atteignent son maximum en milieu sans solution nutritive.

La biomasse aérienne en matière sèche est plus sensible au facteur nutritif qu'au facteur hydrique : ainsi un apport nutritif important améliore la croissance pondérale des tiges et stimule considérablement celle des feuilles dans tous les rythmes d'irrigation. La biomasse des plantes fréquemment irriguées (tous les 2 jours) sans apport nutritif reste inférieure à celle des plantes recevant un apport nutritif important, même peu irriguées (tous les 8 jours). Par contre, quels que soient les rythmes d'irrigation, l'accroissement de la biomasse souterraine est le plus stimulé par un apport nutritif fourni seulement au début.

La formation des boutons floraux et la floraison sont toujours retardées par l'augmentation de la période entre deux irrigations et avancées par un rapport nutritif.

Les observations relatives à la morphologie en liaison avec la croissance ont été précisées par l'évolution de paramètres tels que le taux de croissance relative (RGR) et le taux d'assimilation nette (NAR).

Bien que la surface foliaire soit sensiblement plus faible avec un apport nutritif modéré appliqué au départ qu'avec un apport nutritif important, on observe néanmoins que la *transpiration* par plante dans ces deux conditions est à peu près identique. L'efficacité transpiratoire (rapport de l'eau transpirée à la matière sèche produite) est considérablement améliorée par un faible apport nutritif au départ comparativement à un apport uniquement hydrique.

Différents indices traduisant l'évolution de la carence hydrique dans les tissus entre chaque irrigation ont été mesurés. Le *déficit de saturation hydrique* des organes aériens subit des fluctuations qui atteignent des valeurs toujours supérieures pour un même rythme d'irrigation lorsque la nutrition minérale s'améliore. Cependant les différences entre les trois conditions nutritives s'atténuent avec l'allongement de la période entre les irrigations. Ce paramètre peut donc être considéré comme un indice fiable de l'état hydrique des plantes en fonction des rythmes d'irrigation ainsi que de l'état nutritif.

La mesure du *potentiel hydrique* dans le xylème des organes aériens a été réalisée par la méthode de la « chambre de pression ». Un apport nutritif continu abaisse fortement le potentiel hydrique. Il en est de même dans le cas d'un apport nutritif appliqué seulement au début lorsque l'irrigation est espacée de quatre jours ou plus.

La *composante osmotique* du potentiel hydrique a été mesurée par l'osmomètre à pression de vapeur. Dans tous les rythmes d'irrigation, les valeurs minimales du potentiel osmotique ont été observées dans les organes aériens et souterrains des plantes recevant l'apport nutritif le plus important. Ce potentiel s'est montré toujours inférieur dans les organes souterrains à celui des organes aériens.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.

Quelles que soient les conditions nutritives, les plantes ont montré une certaine adaptation aux rythmes d'irrigation qui leur permet de faire face au stress hydrique survenant entre deux irrigations successives. Il semble donc préférable d'irriguer selon des cadences déterminées en fonction du comportement et des besoins de l'espèce ou de la variété cultivée. Dans le cas de la moultarde blanche les organes aériens et souterrains ne nécessitent pas les mêmes niveaux d'alimentation minérale pour optimiser leur croissance : la meilleure croissance aérienne a été obtenue avec un apport nutritif important, la meilleure croissance souterraine avec un apport limité au début.

Bien que les paramètres hydriques indiquent que les

plantes du milieu pauvre sont le moins touchées par le stress hydrique, elles sont cependant toujours le plus défavorisées pour la plupart des paramètres étudiés, à l'exception de la rhizogenèse de sécheresse. Chez les plantes recevant un apport nutritif, il se produit un phénomène d'osmorégulation par lequel la différence de potentiel hydrique entre le milieu interne et l'environnement peut être réduite au minimum.

Dans le cas où la disponibilité en éléments minéraux constitue un facteur limitant, même une faible quantité de ceux-ci fournie au départ peut influencer considérablement la croissance et l'évolution morphologique des plantes ainsi que l'efficacité de l'eau utilisée.

Catherine VADON. — *Données sur l'écologie du peuplement de Brachyocores de herbiers méditerranéen à Posidonia oceanica Delile de la région de Villefranche-sur-Mer (France)*. Thèse de 3^e cycle soutenue le 11 décembre 1981 à l'Université d'Aix-Marseille. Jury : MM. BOUGIS, FOREST, LÉVI DRACH, NOEL et VEILLET.

Parmi l'abondante littérature relative à la connaissance de l'herbier de Posidonies en Méditerranée (*Posidonia oceanica* Del.), aucune étude n'a jusqu'à ce jour été consacrée aux Brachyocores de ce biotope.

La présente étude porte sur l'établissement d'un premier bilan écologique de ce peuplement. Il se situe dans le cadre de la réalisation d'une thèse de 3^e cycle (Paris, 1981), effectuée à Villefranche/mer; il est l'aboutissement de 13 mois de récoltes, quantitatives (plongée) et qualitatives (dragage).

L'herbier sur lequel a porté l'essentiel de cette étude a été choisi pour la relative richesse de sa faune et sa facilité d'accès (herbier du Sémaphore, rade de Villefranche). Il se situe le long d'une côte rocheuse battue (MOLNIER et PICARD, 1952), s'étend de 5 à 20 m et présente une pente d'environ 30°. Il est compris entre une bande d'infra-littoral rocheux à important peuplement algal (*Halopteris*, *Cystoseira*, ...) et, au-dessous, par des sables fins circo-littoraux. L'hydrodynamisme, encore important dans la partie supérieure de l'herbier, s'oppose à l'accumulation des sédiments, expliquant un gradient décroissant de la granulométrie avec la profondeur.

Les rhizomes, apparents, présentent une croissance verticale dans la partie supérieure de l'herbier, à la fois verticale et horizontale dans sa partie médiane, et essentiellement horizontale à son niveau inférieur. La « matte » est de ce fait quasiment inexistante. La raréfaction du nombre des faisceaux (= points végétatifs) avec la profondeur (500 fais./m² en haut de

l'herbier et 300 fais./m² en bas) s'accompagne d'une augmentation de la densité de la sous-strate : l'extension horizontale des rhizomes, porteurs de racines plus ou moins colmatées et recouverts d'épiphytes de nature diverse, constitue un enchevêtrement dense, remarquablement riche en micro-cavités, terriers...

Au terme de cette étude, un total de 28 espèces de Brachyours (identifiés en grande partie d'après Zariquiey, 1968) a été recensé, appartenant à 8 familles et 17 genres. Les Majidae sont les mieux représentés, constituant près de 60 % de ce peuplement. Parmi eux, *Achaeus cranchii* Leach, 1817 est largement dominant.

Comme l'indique le tableau suivant, les différentes espèces de ce peuplement présentent une grande diversité de types d'adaptation, morphologiques et comportementaux :

— Accrochage au substrat	dactyles des p4 et p5 arqués et porteurs de dents aiguës (<i>Achaeus</i> , <i>Macropodia</i>), mécanisme de blocage de l'articulation dactyle-propode (<i>Pisa</i> , <i>Eurynome</i>), extrémité sub-chéiloforme des pattes (<i>Acanthonyx</i>).	
— Réactions de défense	déguisement	organisme maintenu sur le dos par les p5 (<i>Dromia</i> , <i>Ethusa</i>), éléments du milieu environnant fixés à des soies en crochet (<i>Achaeus</i> , <i>Macropodia</i> ,...);
• camouflage	homochromie	choix de la couleur des éléments du déguisement (<i>Maia</i>), choix du substrat en fonction de la coloration du corps (<i>Sirpus</i>);
• enfouissement	acquisition d'un mécanisme du type oxystome (<i>Illa</i>);	
• aptitude à un déplacement très rapide (<i>Pilumnus</i>).		

De façon générale, l'ensemble de cette étude a mis en évidence le caractère hautement dynamique du peuplement de Brachyours, tant dans le temps que dans l'espace.

Il a en effet été observé que beaucoup de Majidae (*Pisa*, *Achaeus*, *Macropodia*, ...) vivant dans l'herbier s'abritent le jour au niveau de la sous-strate et montent la nuit dans la frondaison, où ils se tiennent accrochés aux feuilles des Posidonies, se nourrissant de leurs épiphytes. D'autre part, les Brachyours vivant enfouis durant le jour dans la couche superficielle du sédiment (*Ebalia*, *Illa*, ...) quittent celle-ci la nuit pour se nourrir au niveau de la sous-strate.

Enfin, la plupart des espèces recensées ne passent qu'une partie de leur vie dans l'herbier, soit à l'état juvénile, soit à l'état adulte ou sub-adulte en cours de migrations saisonnières.

La variabilité de l'âge et du temps de présence dans l'herbier des différents spécimens récoltés a conduit à l'établissement d'une classification des espèces à écologie similaire. Ce regroupement ne se veut en aucun cas définitif et absolu.

1) Espèces permanentes :

Elles passent toute leur vie dans l'herbier, depuis les premiers stades juvéniles jusqu'à l'âge adulte : *Eurynome spinosa*, *Pisa muscosa*. Chez *Achaeus cranchii* et *Ebalia edwardsii*, la zone de répartition des adultes semble plus vaste, s'étendant à certains fonds meubles circo-littoraux.

2) Espèces pour lesquelles l'herbier sert de « nurserie » :

La croissance du juvénile et sa différenciation sexuelle s'effectuent dans l'herbier. Le devenir de l'adulte présente deux modalités :

— l'adulte demeure dans l'herbier; il s'agit des espèces permanentes;

— l'adulte quitte l'herbier et s'établit dans un autre biotope : *Pilumnus hirtellus*, *Sirpus zariquieyi*...

3) Espèces migrantes :

L'herbier est pour elles un biotope saisonnier vers lequel migre l'ensemble de la population, y trouvant momentanément refuge : *Macropodia czerniavskii*, *Inachus phalangium*, ...

4) Espèces accidentelles :

Leur présence est saisonnière ou sporadique et ne concerne qu'un petit nombre d'individus. Il s'agit, d'une part, d'espèces appartenant à des biotopes contigus à l'herbier et effectuant des intrusions temporaires à la périphérie de celui-ci (*Acanthonyx lunulatus*, *Pisa tetrastodon*, *Ethusa mascaronae*, ...) et d'autre part d'espèces représentées par de jeunes individus isolés (*Macropodia linearis*, *Macropodia rostrata*, *Xantho incisus granulicarpus*, ...).

5) Espèce à large répartition :

Maia verrucosa a été récoltée à la fois dans l'infra-littoral et le circo-littoral.

La période automnale est marquée par un accroissement remarquable du peuplement (500 indiv./m² en

octobre pour 100 indiv./m² au printemps dans la partie médiane de l'herbier), due, d'une part à la présence de nombreux juvéniles de plusieurs espèces (période de recrutement) trouvant en ce milieu les conditions favorables à leur croissance, d'autre part à la venue de nombreuses autres fuyant les conditions devenues momentanément trop extrêmes dans leur propre biotope et venant chercher refuge et nourriture au sein de l'herbier.

La structure très diversifiée (« en mosaïque », HARMELIN, 1964) de la sous-strate de ce type d'herbier, composée d'une part de zones assimilables à un substrat meuble (sédiment intersticiel) et d'autre part de zones assimilables à un substrat solide (différenciation de la plante) est à l'origine des possibilités d'intrusion et d'installation d'espèces de provenance diverse, à la fois infra et circa-littorales. L'hétérogénéité de ce peuplement constitue l'une des particularités de l'herbier de Posidonies.

Du point de vue répartition bathymétrique, le peuplement est apparu plus abondant dans la partie inférieure de l'herbier : à cette profondeur, l'hydrodynamisme est fortement atténué et la densité élevée de la sous-strate permet l'installation d'animaux plus nombreux. La température ne semble pas jouer de rôle dans cet étagement.

Ces différentes observations concernent un type particulier d'herbier. La prospection de 14 autres entre Menton et Cannes et à Calvi (Corse) a montré que la nature et la richesse du peuplement sont directement liés à la situation, au mode et à la structure de l'herbier.

CONCLUSION.

Les précisions apportées par cette étude sont l'aboutissement d'un an de récolte et ne concernent qu'un point très localisé du littoral méditerranéen. Il serait intéressant de vérifier si les différents phénomènes observés au cours de ce cycle se confirment d'une année sur l'autre et en d'autres lieux.

M^{me} Farkad Zok Assi. — **Recherches écologiques sur le peuplement des araignées d'une garrigue du Liban.** Thèse de doctorat d'Etat soutenue à l'Université de Paris VI sous la direction de M. LAMOTTE.

L'action de la déforestation et du surpâturage se traduit, au Liban, par des formations végétales dégradées. Ces dernières sont constituées, notamment sur le versant oriental du Mont-Liban, par des forêts de Chênes clairsemés où la surexploitation abusive aboutit à des garrigues basses et des pelouses rases.

C'est sur les Araignées d'une garrigue dégradée à *Poterium spinosum* des collines de Ksara que nous avons centré nos recherches. La présente étude a donc pour but de connaître les caractéristiques de la structure et de la dynamique des populations d'Araignées, comme elle a aussi pour but de situer la place des Araignées dans la zoocénose.

Nous avons d'abord décrit les traits généraux du milieu. La région étudiée se trouve sur le flanc est du Mont-Liban, au milieu des affleurements conglomératiques du Miocène. Elle est localisée dans l'étage bioclimatique subhumide. Son régime pluviométrique est méditerranéen et son régime thermique continental, avec des étés très chauds et très secs; la période estivale dure 4 mois.

Ksara est située dans une zone à sols rouges polygéniques, en partie arrachés aux montagnes de l'Amont et recalcifiés par migration latérale de calcaire. Il s'agit d'un sol fersialitique remanié à réserve calcique dont la surface est recouverte à 70 % de gravier calcaire. De tels sols ne présentent pas un horizon de litière A₀₀ ou de débris organiques A₀ en voie de décomposition; ils débutent directement par l'horizon minéral A₁ où la matière organique, sous forme de mull calcaire, est intimement liée à l'argile. L'absence de ces horizons serait la conséquence de la dégradation du couvert végétal et du climat fort contrasté qui favorise la minéralisation rapide des débris organiques.

Notre garrigue correspond à l'étage euméditerranéen constitué à ce niveau par le *Quercus calliprinos* Webb, qui existe encore sous forme de bosquets à proximité de notre station. Sur notre terrain même, la strate arborescente est inexistante, la strate arbustive essentiellement caractérisée par le *Poterium*, et la strate herbacée relativement importante.

La complémentarité des méthodes et techniques d'échantillonnage dans l'étude de ce peuplement d'Araignées s'est avérée d'une grande importance. Les récoltes manuelles, sur de petites surfaces (1/4 m²) délimitées par biocénomètre, ont fourni des données quantitatives de densité et d'abondance. L'utilisation d'une seconde technique complémentaire, par extraction à induction éthologique, a permis d'éviter les pertes des petites espèces et des petites nymphes. La troisième technique utilisée, l'emploi de pièges d'interception de type pot-piège, nous a été très utile : elle a permis de mettre en évidence des périodes d'activités journalière et saisonnière, et de compléter l'inventaire spécifique. Les espèces très agiles et errantes, nombreuses dans cette garrigue basse, ne peuvent être capturées la plupart du temps que par ces pièges. S'ajoutent à ces techniques des observations sur le

terrain qui ont permis de repérer la place où vivent les Araignées, et d'observer leur comportement.

Dans l'étude de la composition biotique du peuplement, nous avons pu surmonter l'obstacle important de la systématique en déterminant un grand nombre d'espèces d'Araignées. On constate l'importance des Gnaphosidae et des Thomisidae dans ce peuplement d'origine méditerranéenne. Une seule espèce est constante, 3 sont accessoires, 15 accidentelles et de nombreuses autres sporadiques. La distribution d'abondance est nettement dissymétrique. *Gnaphosa ripariensis*, unique espèce constante, présente une valeur d'abondance maximale. La densité moyenne des Araignées de cette garrigue (54 ind./m²) est très proche de celle des différents types de pâturages dans les pays tempérés.

L'analyse de la structure spatiale du peuplement a montré la distribution agrégative de l'ensemble des Araignées et l'importance de la communauté de la surface du sol. Ces dernières appartiennent à des familles et genres d'Araignées errantes; elles habitent les fissures du sol et le dessous des pierres, ou sont hôtes des fourmilères; d'autres sont plus spécialement terricole. Citons, à titre d'exemples, les Gnaphosidae, Thomisidae, Lycosidae, Palpimanidae, Zodariidae, Hahniidae, Oonopidae, Theraphosidae... L'importance de cette communauté de la surface du sol serait due, en particulier, à la déforestation et au surpâturage. La structure spatiale et les facteurs physiques qui résultent de la déforestation conduisent à la régression des Araignées des forêts ombragées. Le surpâturage, à son tour, perturbe la communauté d'Araignées associées à la végétation. Les espèces des habitats ensoleillés et des sols dénudés augmentent.

Les déplacements horizontaux sont très importants. Ils intéressent de nombreuses espèces circulant à la surface du sol et des espèces plus ou moins sédentaires qui se déplacent à une certaine période de l'année ou du nyctémère.

D'un point de vue dynamique, le peuplement de l'ensemble du peuplement d'Araignées de la garrigue suit un rythme annuel en rapport avec les variations saisonnières des facteurs du milieu. Des valeurs élevées de densité et une expansion de l'activité motrice s'établissent à partir du printemps et au cours de la saison estivale. Toutefois, la valeur maximale, en juillet, de cette activité diffère du pic réel d'abondance observé en juin.

Les principales espèces d'Araignées du peuplement présentent un seul cycle annuel, intimement lié aux saisons. Les périodes de reproduction de ces espèces

univoltines s'échelonnent du printemps à l'automne. *Gnaphosa rochii*, qui est bivoltine, a une première période de reproduction l'été et une seconde l'automne. Dès le début de l'hiver un ralentissement et même un arrêt de croissance sont observés. Ces espèces hibernent à différents stades. Certaines comme *Thanatus fabricii* et *Gnaphosa ripariensis* passent l'hiver aux stades de jeunes libres, alors que d'autres, comme *Xysticus gymnocephalus* et *Lycosa grisea*, passent l'hiver, après l'accouplement, à l'état adulte et pondent au début du printemps.

Partant de ce point de vue dynamique, nous avons étudié la croissance pondérale de *Gnaphosa ripariensis*, cherchant à établir une relation de la forme $y = kx^n$ en fonction de la longueur du céphalothorax. Un arrêt de croissance semble s'établir au cours de l'hiver. Ainsi cette espèce, univoltine, présente un cycle biologique interrompu pendant la mauvaise saison.

Spécifiquement prédateurs polyphages, les Araignées ont dans l'ensemble de la zoocénose un rôle qui dépend plutôt de l'habitat occupé par chaque espèce et de sa période d'activité. L'emploi d'une même méthode de piégeage pour échantillonner des groupes différents nous renseigne sur la concordance temporo-spatiale des Araignées et de leurs proies potentielles.

La faune de l'épigaïon est riche en Insectes qui se développent dans les zones xérophiles après déforestation. Les Coléoptères sont présents en grand nombre: les familles représentatives sont les éléments de la faune d'une garrigue dégradée et pâturée. Les Homoptères Jassidae, nombreux, ont une préférence pour les végétaux peu lignifiés. Les Fourmis granivores, comme les *Messor*, sont favorisées par la richesse en Graminées de la station. Cette faune d'Invertébrés est également influencée par le sol calcaire de la station qui favorise les Diplopodes Polydesmidae et les Gastéropodes Pulmonés.

L'étude a mis en relief les conditions qui président à cette mobilité. Ainsi l'activité des Polydesmidae et des Lumbricidae est de type « hygrophile », alors que celle des Gastéropodes Pulmonés est soumise à l'hygrométrie relative tout en subissant à la fois les phénomènes d'hibernation et de l'estivation. L'activité des Insectes et des Aranéides est de type « saisonnier », avec un minimum hivernal et un maximum en été. Cette expansion estivale s'établit en juin pour les Insectes et en juillet pour les Aranéides.

Notre étude apporte ainsi une première contribution à la connaissance de l'écologie d'un peuplement d'Araignées du Liban.

Christian AUBART. — **Digestion anaérobie des déchets d'élevage.** Thèse de Docteur-Ingénieur présentée à l'Institut national polytechnique de Lorraine le 28 juin 1982. Jury : F. JACQUIN, G. GOMA, M. METCHE, J. QUEMENER, O. REISINGER.

Les travaux présentés dans cette thèse concernent la digestion anaérobie en continu des déchets d'élevage (substrats) tels que les lisiers de porcs, de bovins, les fientes de volailles et les excréments de lapins dilués, et les mélanges lisier de porcs-excréments de lapins.

Effectuées conjointement dans un Centre de Recherches Industrielles (Groupe E.M.C.) et au Laboratoire de Biologie Végétale et de Microbiologie de l'Université de Nancy I, ces recherches ont permis d'aborder ce très vaste sujet selon une double démarche :

- celle de la Biotechnologie et celle de la Microbiologie et de l'étude des mécanismes fondamentaux de la digestion anaérobie.

Cette thèse présente donc trois volets :

- les études biotechnologiques au laboratoire permettant l'optimisation des paramètres de la fermentation méthanique et plus spécialement l'étude des rendements d'épuration (diminution de la charge organique des substrats, désodorisation) et des rendements biologiques (l de méthane par kg matière organique introduite par exemple) ou rendements technologiques (l de méthane/l de digesteur/jour);

- les études biotechnologiques sur stations biogaz de taille industrielle qui mettent en évidence les différents problèmes technologiques de la digestion anaérobie tel que l'adéquation entre la production d'énergie et son utilisation sur l'exploitation agricole, l'influence du climat local etc...;

- les recherches sur quelques mécanismes microbiologiques bien que très ponctuelles, à ce jour, permettent d'expliquer certains phénomènes observés au cours des études biotechnologiques et laissent entrevoir dans l'avenir de nouvelles voies très intéressantes.

LES ÉTUDES BIOTECHNOLOGIQUES AU LABORATOIRE.

Ces études ont mis en évidence la nécessité de bien caractériser les substrats tant au niveau des bâtiments d'élevage qu'à celui du laboratoire. Les substrats étudiés sont différents par leur pourcentage de matière sèche (M.S.) mais également par leur pourcentage de matière organique (M.O.) par rapport à la matière sèche,

le pourcentage de la cellulose, hémicellulose, lignine par rapport au pourcentage de la matière organique, par le pourcentage respectif de certains acides gras volatils. Tous ces éléments et leurs conséquences au niveau des rendements ainsi que la finalité de la digestion anaérobie, différente selon les substrats sont largement discutés dans cette thèse et nous ne citerons que quelques chiffres particulièrement significatifs.

Pour les lisiers de porcs :

- la production brute de méthane sera identique pour un pourcentage de M.S. de 2,5 à deux temps de rétention (T.R.) : 15 et 7,5 jours. Ce n'est que pour un pourcentage de M.S. supérieur à 3,5 que la production brute de méthane sera supérieure avec 10 jours de T.R., à celle obtenue à 7,5 jours de T.R.;

- sur le plan de l'épuration, un T.R. de 7,5 jours sera également retenu si le pourcentage de M.S. est inférieur à 3,6; s'il est supérieur, le meilleur rendement d'épuration sera obtenu avec 15 jours de T.R.

Pour les fientes de volailles :

Basée, de par la nature même du substrat, sur une démarche très différente de l'étude du lisier de porcs, celle des fientes de volailles a mis en évidence la possibilité d'obtenir de bons rendements biologiques à des T.R. bien inférieurs à 20 jours (par exemple : 7,5 jours), ceci étant fonction de la dilution.

Ainsi, une approche technologique tenant compte des différents rendements observés et des données d'ingénierie nous permet de définir un T.R. et un pourcentage de M.S. optimal : 6 % de M.S. et 15 jours de T.R.

Pour les excréments de lapin :

Les études sur les excréments dilués de lapins ont montré les potentialités de production de biogaz à partir de ces substrats, peu étudiés jusqu'à présent. Ainsi le rendement biologique en méthane pur à 10 jours de T.R. est inférieur de 30 % à celui obtenu sur lisier de porcs au même pourcentage de M.S. (6 %).

Toutefois, il ressort de ces études, qu'avec comme seul objectif la production d'énergie, un T.R. de 7,5 jours et une dilution de 6 % de M.S. est à conseiller pour la fermentation méthanique de ces substrats. Mais les résultats les plus importants concernent les possibilités de mélanger des substrats, riches en M.S., avec d'autres pauvres en M.S. (lisier de porcs par exemple). Nous avons observé qu'à charge massive équivalente, le mélange lisier de porcs et excréments de lapins fournit une quantité de méthane équivalente à celle obtenue avec un lisier de porc seul.

LES ÉTUDES BIOTECHNOLOGIQUES SUR STATION DE TAILLE INDUSTRIELLE.

Les expérimentations ont fait ressortir les difficultés d'obtenir exactement les mêmes résultats que ceux obtenus au Laboratoire. Toutefois, les quelques différences enregistrées, sur les rendements, ont pu être expliquées par des problèmes technologiques non résolus à l'époque des mesures. Actuellement, nous pouvons affirmer qu'il n'y a pas « d'effet de taille » entre un digesteur de 6 litres et un de 250 m³, toutes conditions expérimentales identiques par ailleurs.

Les études sur les pilotes de Saint Symphorien et de la Socadexa ont permis de quantifier l'énergie nette disponible hors-station, une fois utilisée la part « d'auto-fonctionnement », en moyenne 30 à 35 %. Ainsi, la station de 250 m³ a eu, en 1981, une production nette d'énergie équivalente à 27 TEP, celle de 200 m³, démarrée en juin 1981, aurait eu une production annuelle d'environ 20 à 22 TEP.

LES ÉTUDES DE QUELQUES MÉCANISMES MICROBIOLOGIQUES.

Des études ultrastructurales qui ont permis de définir l'état de la matière organique dans les digesteurs et de suivre le déroulement des processus lythiques nous retiendrons :

- la prédominance de la cellulolyse, soit avant, soit pendant la digestion, dont l'effet est plus important dans les fientes de volailles que dans les lisiers de porcs;

- l'absence d'activité lytique au niveau de la cuticule et de la lamelle mitoyenne, avec les conséquences évoquées § 3-5;

- une conclusion inhabituelle : la flore microbienne des digesteurs est uniquement composée de procaryotes. La recherche méthodique des eucaryotes (champignons), dont la présence à un stade antérieur est obligatoire, ne nous a permis de découvrir que des enveloppes plus ou moins altérées et vidées, correspondant uniquement à des espèces saprophytes.

Les études microbiologiques effectuées uniquement sur lisiers de porcs ont permis d'identifier un certain nombre de microorganismes aérobies ou anaérobies facultatifs, de mesurer l'activité lipolytique de cellulolytique et d'examiner le pouvoir pathogène du résidu digéré.

Nous retiendrons que :

- la recherche d'espèces fongiques effectuée sur milieu adéquat donne des résultats constamment négatifs;

- les substrats non digérés possèdent une quantité très élevée d'enzymes lipolytiques, alors que les effluents digérés ne présentent aucune activité lipolytique;

- les apports de cellulose dans un digesteur contenant du lisier de porcs augmente la production de biogaz;

- 45 % des colonies bactériennes choisies pour l'identification sont aptes à induire la réaction d'hypersensibilité. Cette flore représente environ 32 % de la population totale dénombrée (sur milieu N.B.).

En conclusion ce travail a été mené selon une démarche scientifique assez globale incluant la majeure partie des problèmes « purement agricoles » mais également ceux intervenant, au niveau de l'industrialisation du procédé de la fermentation méthanique des déchets d'élevage. C'est ce qui explique en grande partie la nature très diversifiée des méthodologies utilisées pour ces recherches.

ANALYSES D'OUVRAGES

R. HALLBERG (editor). — **Environmental biogeochemistry.** *Ecological Bulletins*, n° 35, 1983. Un volume relié 576 pages. Publishing House/FRN, Box 6710, S-113 85, Stockholm, Suède.

Il s'agit de la publication du cinquième colloque international sur la géochimie de l'environnement, qui s'est tenu à Stockholm en 1981. On y trouve une cinquantaine d'articles regroupés sous sept rubriques différentes : biogéochimie de l'eau des rivières et de l'eau de mer; biogéochimie du soufre; biogéochimie de l'azote; biogéochimie du carbone; biogéochimie des métaux; systèmes diagénétiques; étude biogéochimique de divers éléments mineurs. Il est difficile de résumer en peu de lignes le contenu de ce livre qui est très riche en données nouvelles et qui renferme également plusieurs articles de synthèse. On ne peut que le recommander à tous ceux qui s'intéressent à des questions comme les cycles biogéochimiques ou les diverses pollutions. C'est une excellente source de documentation.

R. DAJOZ.

F. CHALUMEAU. — **Coléoptères Scarabaeides des Petites Antilles. Taxonomie, éthologie, biogéographie.** Un volume relié 328 pages, 140 figures. Collection encyclopédie entomologique n° 54. Lechevalier éditeur 1983.

L'auteur présente une monographie d'un groupe de Coléoptères qui est représenté dans les Petites Antilles (de la Guadeloupe à la Martinique) par 79 espèces et sous-espèces. L'endémisme est élevé, comme dans toutes les îles. Pour chaque espèce on trouve une description précise, des données sur l'écologie et la répartition géographique. Une importante partie de l'ouvrage (plus de cent pages) est consacrée aux problèmes posés par la biogéographie et l'écologie des Scarabaeides insulaires, à l'origine et aux modalités du peuplement. C'est là la partie la plus intéressante du livre pour le non systématicien.

R. DAJOZ.

L. CONTINI et Y. LAVARELO. — **Le pin cembro, *Pinus cembra* L. Répartition, écologie, sylviculture et production.** Un volume 197 pages. Institut National de la Recherche Agronomique, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles, 1982.

Nous avons déjà signalé la publication par l'INRA d'une monographie consacrée au hêtre. Le deuxième volume de cette collection traite d'un arbre, le pin cembro, dont l'aire de répartition et l'importance forestière sont beaucoup moins grands puisqu'il est localisé à certaines portions des Alpes et des Carpathes dans l'étage subalpin. C'est l'arbre qui s'élève le plus haut (jusqu'à 2 500 mètres) et ses exigences écologiques en font, avec le mélèze et le pin à crochets, une des rares espèces capables de peupler la limite supérieure de la forêt. Le pin cembro est largement négligé en France mais bien étudié à l'étranger, en Autriche par exemple. Cette monographie sera la bienvenue chez tous ceux qui s'intéressent aux arbres. Le sommaire montre que tous les aspects de la biologie de l'arbre ont été envisagés. Sont successivement traités : systématique et répartition géographique; morphologie de l'appareil végétatif; anatomie du bois et qualités technologiques; reproduction; les ennemis du pin cembro; sylviculture; bibliographie. Un seul regret : des contraintes économiques ont certainement imposé un mode d'impression non marché, ce qui rend à peu près illisibles certaines figures et il n'y a aucune photo. Malgré ces critiques mineures on ne peut que conseiller la lecture de cette très intéressante monographie.

R. DAJOZ.

J.P. NENON. — **La polyembryonie. Reproduction par jumeaux vrais.** Collection « Que sais-je ? », n° 2081, Presses Universitaires de France, 1983.

Bonne mise au point sur un curieux phénomène biologique. L'auteur insiste en particulier sur la poly-

embryonnaire chez les Hyménoptères parasites Bracnidae, Platygasteridae et Encyrtidae et sur l'importance de ces insectes en lutte biologique; le chapitre « poly-embryonnaire et écologie du parasitisme » intéressera tout particulièrement nos lecteurs.

R. DAJOZ.

R. TOMASSONE, E. LESQUOY, C. MIMMER. — **La régression. Nouveaux regards sur une ancienne méthode statistique.** Masson éditeur, 1983. Collection « Actualités scientifiques et agronomiques », n° 13, un volume 180 pages.

La régression est une méthode statistique utilisée fréquemment en biologie. L'avantage de ce volume est qu'il expose d'une façon claire les diverses méthodes de régression, leur signification, les précautions à prendre quand on entreprend ce genre de calcul. Destiné à des non mathématiciens, illustré par de nombreux exemples, cet ouvrage sera certainement utile aux biologistes, et en particulier aux écologistes.

R. DAJOZ.

E. JOLIVET. — **Introduction aux modèles mathématiques en écologie.** Masson éditeur, 1983. Collection « Actualités scientifiques et agronomiques », n° 11, un volume 151 pages.

Il est courant de tenter la description de l'évolution des phénomènes biologiques à l'aide de modèles mathématiques. Dans cet ouvrage l'auteur présente un certain nombre d'exemples qui servent à illustrer les difficultés de cette technique. Dans le domaine de l'écologie on trouve par exemple la modélisation d'une épidémie de septosporiose du blé, les équations de Verhulst et de Gompertz sur la croissance des individus et des populations, le cas des interactions prédateur-proie. Les développements mathématiques fournis seront utiles à ceux qui souhaitent tenter la modélisation de phénomènes biologiques.

R. DAJOZ.

R. MONET. **Le pêcher : génétique et physiologie.** Masson éditeur, 1983. Collection « Actualités scientifiques et agronomiques », n° 12, un volume 133 pages.

Arbre fruitier de grande culture, le pêcher fait ici l'objet d'une monographie qui traite des divers aspects

de sa génétique et de sa physiologie, et des techniques d'amélioration. Cette mise au point dont le contenu est aussi bien théorique que pratique, intéressera beaucoup de botanistes.

R. DAJOZ.

M. BOURNERIAS, C. POMEROL, Y. TURQUIER. — **La Manche de Dunkerque au Havre. Guides Naturalistes des côtes de France.** Delachaux et Niestlé éditeur, 1983. Un volume 242 pages, 58 photos en couleurs, 68 figures.

Premier ouvrage d'une série prévue de sept volumes consacrés aux côtes de France, c'est une réussite provenant de la collaboration d'un botaniste, d'un géologue et d'un zoologiste qui connaissent très bien la région dont ils nous parlent. Une première partie présente le milieu littoral et les facteurs écologiques qui y règnent, les grands traits de la géologie, de la vie animale et végétale. Le chapitre consacré aux caractères de la végétation et de la flore littorales est une remarquable synthèse riche d'idées générales et de nombreux exemples précis pris dans la région. La deuxième partie décrit six itinéraires. Une bonne bibliographie complémentaire termine le livre. Ouvrage remarquable par son texte et ses illustrations, ce guide peut être vivement recommandé aussi bien aux enseignants qu'aux promeneurs qui fréquenteront cette région du littoral français.

R. DAJOZ.

N. JEQUEL, D. ROUVE. — **Marais, vasières, estuaires.** Une brochure 64 pages avec de nombreuses illustrations en couleurs. Édité par la Délégation régionale à l'architecture et à l'environnement, 10, rue des Dames, 35000 Rennes. Edition Ouest France, 1983.

Comme l'indique son titre, cette brochure traite des marais littoraux, vasières et estuaires de la façade atlantique de la France. Elle en montre l'intérêt biologique considérable, mais aussi la fragilité et elle précise les menaces qui pèsent sur ces zones en raison de l'influence croissante de l'homme. Connaître pour protéger les zones humides littorales, tel est le but de cette brochure. Espérons que sa grande diffusion lui permettra d'atteindre son but auprès du grand public à qui elle s'adresse.

R. DAJOZ.

Guide des Champignons 1982. — Sélection du Reader's Digest, 212, bd Saint-Germain, Paris 7^e.

Excellent guide avec de très bonnes illustrations à la fois photographiques et par aquarelles.

Notons un très bon schéma de la systématique des champignons et une répartition avec figures, milieu par milieu, des champignons en fonction des saisons. Cette partie de l'ouvrage est très maniable et rendra certainement beaucoup de services aux personnes qui aiment fréquenter la nature.

C.D.D.

Jean-François DEJONGHE, 1983. — **Les oiseaux des villes et des villages.** 296 pages, 148 F. La librairie zoothèque, 38, av. du Général-de-Gaulle, 94700 Maisons-Alfort.

Ce livre, parfaitement présenté, concerne essentiellement les oiseaux des agglomérations humaines. Pour chacune d'entre elles, on trouve l'étymologie du nom, la catégorie faunistique, l'habitat, la description, l'âge, le comportement migratoire, la densité, la reproduction, le régime, les comportements spécifiques et la longévité maximale, ainsi qu'une bonne carte de répartition.

En ce qui concerne certaines espèces, on peut considérer qu'elles sont quand même relativement accidentelles dans les agglomérations.

À la fin de l'ouvrage, la vie des oiseaux dans les villes, les problèmes qu'ils posent dans les aéroports, les aménagements de jardins, les problèmes de nourrissage hivernal et bien d'autres questions sont traités d'une façon succincte mais valable.

La présentation de l'ouvrage est excellente et l'illustration est à mon sens tout à fait remarquable (M. CAMBRONY) et on ne peut que féliciter l'auteur et les réalisateurs.

C.D.D.

R. GESSAIN, 1981. — **OVIBOS — La grande aventure des hommes et des bœufs musqués.** Editions Robert Laffont, Paris. Préface du Professeur Jean DORST, Directeur du Muséum National d'Histoire Naturelle.

Le Docteur Robert GESSAIN nous fait une véritable fresque de la grande aventure du bœuf musqué en

relation avec les Esquimaux, et malheureusement aussi avec les hommes blancs.

D'un bout à l'autre, ce livre est passionnant, et on aimerait disposer de plus d'ouvrages de ce style.

Indépendamment de l'aspect historique, il nous décrit parfaitement les structures sociales et le type de comportement de cet animal étrange. Les cartes accompagnant les différentes parties de l'ouvrage sont également fort bien faites.

La civilisation esquimaue est également bien présentée, ce qui n'est pas étonnant lorsqu'on connaît la grande compétence du Docteur GESSAIN en ce qui concerne les Esquimaux.

Au total, un ouvrage passionnant, fort bien écrit, et qui intéressera tous les écologistes attachés aux problèmes arctiques.

C.D.D.

Leslie AIELLO. — **Découvrir les origines de l'Homme.** Traduction de Anne LAFLAQUIÈRE, 1982, Editions du Fanal, 21-23, rue d'Astorg, 75008 Paris.

Cet ouvrage sur l'origine de l'homme est parfaitement présenté, et il correspond à une excellente initiation pour des élèves. Les illustrations sont d'une façon générale très remarquables, à l'exception de quelques critiques de détail que l'on peut faire, par exemple en page 18 la répartition des singes qui ne figurent ni en Amérique du Nord ni en Espagne ni dans l'Amérique moyenne;

Autre réserve, celle de la formation des fossiles page 17 où manifestement le schéma de l'enlitage et de l'érosion des grottes est quand même sensiblement trop simplifié.

Pour le reste, l'illustration est tout-à-fait remarquable. C'est pourquoi je pense qu'il est normal de signaler l'existence de ce livre à tous les naturalistes.

Signalons en particulier d'autre part les excellentes représentations des hommes fossiles des différentes époques, dont la phylogénie ou dont la répartition géographique (page 65) sont bien exposées, les figures représentant mi-partie le squelette, mi-partie la reconstitution somatique conjecturale, sont une excellente idée pédagogique.

Au total, un ouvrage qui peut intéresser tous ceux qui dans le cadre de la Société d'Ecologie s'intéressent au problème d'enseignement.

C.D.D.

Bogdan STUGREN, 1982. — **Bazele ecologiei generale.** Editura stiintifica si enciclopedica, Bucuresti, Roumanie, 434 pages, 158 figures.

Excellent petit livre d'introduction à l'écologie avec de très bonnes illustrations, malheureusement souvent mal venues à l'encre.

Il serait souhaitable qu'un livre de ce niveau, exact mais pas trop savant, existe pour l'ensemble du public français. Les lois générales de l'écologie et des écosystèmes sont présentées de façon simple et synthétique. Ce livre en langue roumaine mériterait d'être traduit.

C.D.D.

Henry CHEVALIER, 1982. — **Éléments pour une écologie politique**, Ende Doman : « La Bertrande », Fustérouau, 32900 Riscle, 39 F, 156 pages.

Livre bien présenté sur le plan didactique, bien illustré aussi bien par les figures que par les chiffres. Il s'agit évidemment d'un ouvrage engagé sur le plan politique, ainsi que son titre l'indique.

Il mérite la lecture de tous les scientifiques membres de notre Société.

C.D.D.

Nourrir demain les hommes, n° 25, printemps 83, de « *Prospective et Santé* ». Edité par Edinter S.A., 12 bis, rue Jean-Jaurès, 92800 Puteaux. Revue trimestrielle, 146 pages, 50 F.

Cette excellente revue consacre son numéro 25, printemps 83, aux questions de nutrition. Les meilleurs esprits ont participé à la rédaction de ce fascicule thématique et il me semble indispensable de le signaler à l'intérêt des écologistes. Il s'agit avant tout d'articles généraux et de pensée et non point de science au sens strict du terme. Pour cette raison, une large diffusion n'en serait que plus souhaitable.

C.D.D.

Philippe BOUCHER, 1982. — **L'espoir des arbres.** Editions de la Surienne, 12, rue Neuve du Pâtis, 45200 Montargis, 188 pages, 55 F.

Excellent plaidoyer pour le recyclage du papier. Tous les problèmes sont parfaitement définis et parfaitement chiffrés. On ne peut que regretter le mode d'édition qui rendra difficilement accessible cet ouvrage qui donne une excellente illustration des possibilités du recyclage. C'est pourquoi nous donnons l'adresse des Editions de la Surienne.

Il reste évidemment, ainsi que cela est dit clairement par Philippe BOUCHER, que des sociétés importantes puissent prendre le relais pour généraliser le ramassage des vieux papiers. A noter que pour la seule région du Nord, 430 000 tonnes ne sont pas récupérées. Le chiffre n'est pas donné pour l'ensemble de la France.

Il est bien évident que le remassage est une chose mais que le recyclage doit faire l'objet d'une véritable industrie

Je dois dire que l'ouvrage, comme il se doit, est publié sur du papier recyclé et que cela ne se présente pas mal du tout.

Souhaitons que ces efforts de quelques pionniers soient relayés à une plus grande échelle.

C.D.D.

En réimpression à la Librairie Scientifique et Technique
Albert Blanchard, 9, rue de Médicis, 75006 Paris.
Tél. : 326.90.34

Abbé H. COSTE. — **Flore descriptive et illustrée de la France de la Corse et de ses contrées limitrophes.** Avec une introduction sur la flore et la végétation de la France par Ch. FLAHAULT.

Toujours disponible à la Librairie Delagrave,
15, rue Soufflot, 75240 Paris Cedex 05
Tél. : 325.88.66

Rémy FERRIER. — **La faune de la France.** En tableaux synoptiques illustrés. Chaque volume : 80,00 F.

I (A) *Coelentérés.* Hydroméduses, Coralliaires, Aca-
lèphes.
Spongiaires. Eponges calcaires, Eponges cor-
néo-siliceuses.

Echinodermes. Crinoïdes, Stellérides, Ophiu-
rides, Echinides, Holothurides.

Sous-règne des protozoaires par J. DELPHY.

Flagellés, Rhizopodes, Sporozoaires, Ciliés.

- I (B) *Vers*. Rotifères, Gastrotriches, Polychètes,
Géphyriens, Oligochètes, Hirudinées (sangues),
Turbellariés, Némertiens, Trématodes, Cesto-
des.

Némathelminthes. Echinodères, Acanthocépha-
les, Gordiacés, Nématodes, Chétopognathes, par
J. DELPHY.

- II *Arthropodes*. Arachnides, Crustacés.

- III *Myriapodes, Insectes inférieurs* (Thysanoures),
Collembolés, Archiptères (Ephémères, Libellu-
les, Perles, Psocques, Termites), Orthoptères,
Névroptères, Thysanoptères).

- IV *Hémiptères* (Punaies, Cigales, Pucerons, Co-
chenilles).

Anoploures (Poux), *Mallophages, Lépidoptères*
(Papillons).

- V *Coléoptères* (Première partie).

- VI *Coléoptères* (Deuxième partie).

- VII *Hyménoptères*. Symphytes, Apocrites, par L.
BERLAND.

- VIII *Diptères, Aphaniptères*, par E. SEGUY.

- IX *Bryozoaires, Brachiopodes, Mollusques, Proto-
cordés.*

- X *Vertébrés*. Poissons, Batraciens, Reptiles, Oi-
seaux, Mammifères.

Hans MALICKY, février 1983. — *Atlas of european Trichoptera/Atlas der europäischen Köcherfliegen/ Atlas des Trichoptères d'Europe*. W. Jung, the Hague, Ser. Ent. 24, XII + 298 f., 21 × 29,7, Dfl. 175.

La dernière synthèse européenne sur les Trichoptères adultes date de 1880 (R. Mc LACHLAN, A monographic revision and synopsis of the Trichoptera of the european fauna). Même si l'auteur du présent atlas dit ne pas avoir voulu en faire une « révision générale de la faune européenne », on doit bien considérer cet ouvrage comme une synthèse qui fera référence, quoique de façon très différente de celle de Mc LACHLAN.

Il s'agit bien d'un atlas, soit de la représentation des genitalia mâles et femelles (la moitié seulement des espèces pour celles-ci) des quelques 1 200 espèces européennes, classées dans leurs 22 familles et 146 genres. Les dessins sont pour une bonne part originaux. Leur orientation est constante et comparable. Les autres sont des reproductions provenant de la littérature qui sont souvent moins bien reproduites, mais l'effort d'homogénéisation de la présentation est constant.

Les 13 premières pages indiquent comment utiliser l'ouvrage, chaque texte ou légende étant systématiquement en trois langues. Cette présentation initiale permet une absence de légende dans l'atlas. Chaque dessin de genitalia comporte à côté du nom d'espèce la longueur de l'aile antérieure (extrêmes) et la distribution européenne. On dispose également toujours de trois éléments aussi simples qu'essentiels pour la détermination : la formule calcarienne, la présence ou non d'ocelles et le nombre d'articles aux palpes maxillaires. Des flèches indiquent le cas échéant les caractères importants pour la distribution. Enfin des symboles attirent l'attention sur les difficultés, les incertitudes et les confusions possibles. Le format utilisé permet d'avoir sur une même page jusqu'à 8 espèces ce qui facilite les comparaisons. Un index bibliographique donne les références relative à chaque genre. Par contre l'absence d'un index des espèces est gênante. Il est en effet difficile de trouver l'espèce que l'on cherche, par exemple parmi les 96 du genre *Rhyacophila*, les 71 du genre *Tinodes*, les 71 du genre *Hydropsyche* ou les 61 du genre *Limnephilus*.

On voit que ce travail, sans clefs ni diagnoses, est un ouvrage de spécialiste pour des spécialistes. Mais c'est le seul à jour. Il réunit la bibliothèque d'articles et notes indispensables à qui veut déterminer des Trichoptères. Cette présentation très condensée permet au lecteur de se construire sa propre clef, provisoire et évolutive, en ayant toujours sous les yeux ensemble les espèces proches. C'est un magnifique instrument de recherche pour les Trichoptérologistes. Par contre, l'ouvrage n'est guère utilisable par l'entomologiste moyen qui n'aurait pas au préalable une bonne connaissance du groupe. Il revient aux Trichoptérologistes d'en tirer des clefs, toujours provisoires, plus accessibles aux utilisateurs courants.

M. BOURNAUD.

Le Directeur de la Publication : G. RICOU

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou des ayants-droits ou ayants-cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal

Imprimerie Louis-Jean, 05002 Gap (France). Dépôt légal n° 449-septembre 1983 — Imprimé en France.

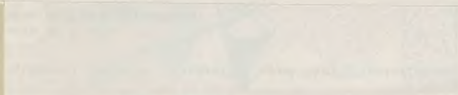
OJD Diffusion — Numéro d'inscription à la Commission Paritaire : 50062.





Map of the region

The map shows the general location of the region, with the mountain range and the river system. The map is a topographical representation, showing the elevation and the shape of the land. The map is a valuable tool for understanding the geography of the region.



This map shows the general location of the region, with the mountain range and the river system. The map is a topographical representation, showing the elevation and the shape of the land. The map is a valuable tool for understanding the geography of the region.

The map shows the general location of the region, with the mountain range and the river system. The map is a topographical representation, showing the elevation and the shape of the land. The map is a valuable tool for understanding the geography of the region.

The map shows the general location of the region, with the mountain range and the river system. The map is a topographical representation, showing the elevation and the shape of the land. The map is a valuable tool for understanding the geography of the region.

EVOLUTION DE LA VEGETATION DE 1948 A 1980 SUR LES GRANITES DE MARGERIDE

(étage montagnard du Cantal - Massif Central français) - ESSAI DE CARTOGRAPHIE DU DYNAMISME A 1/12 500

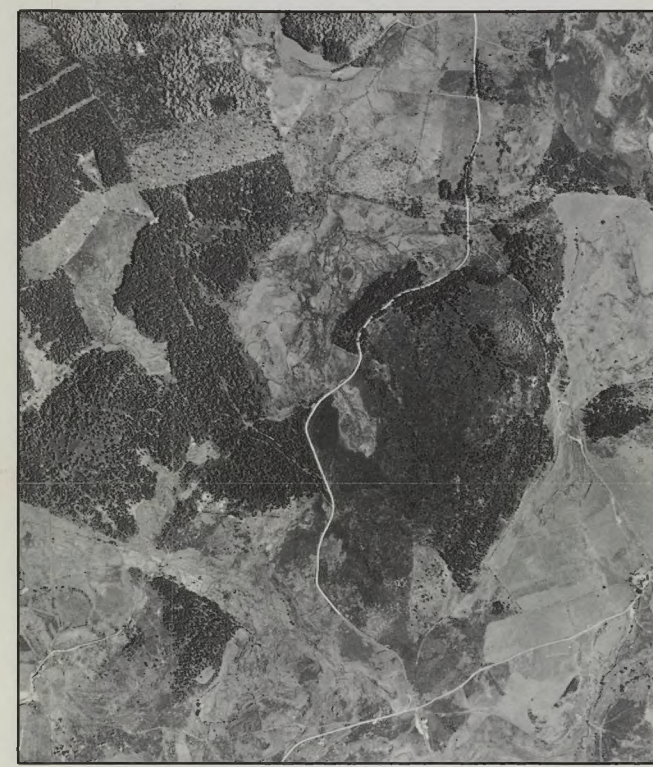
par Bernard DOCHE

B 3835 (T.14, n°2)



© IGN-1948

état de la végétation en 1948



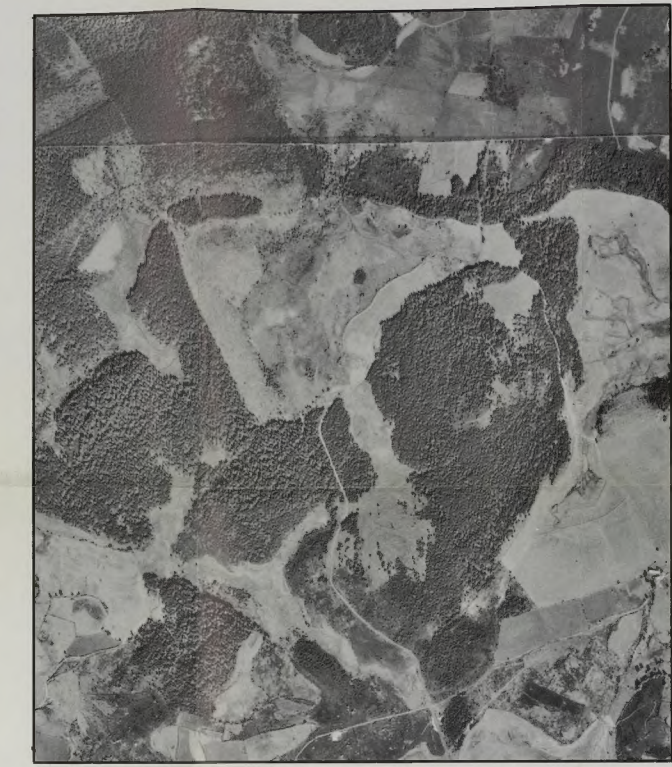
© IGN-1956

état de la végétation en 1956



© IGN-1966

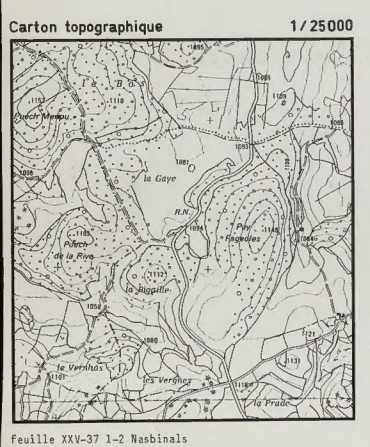
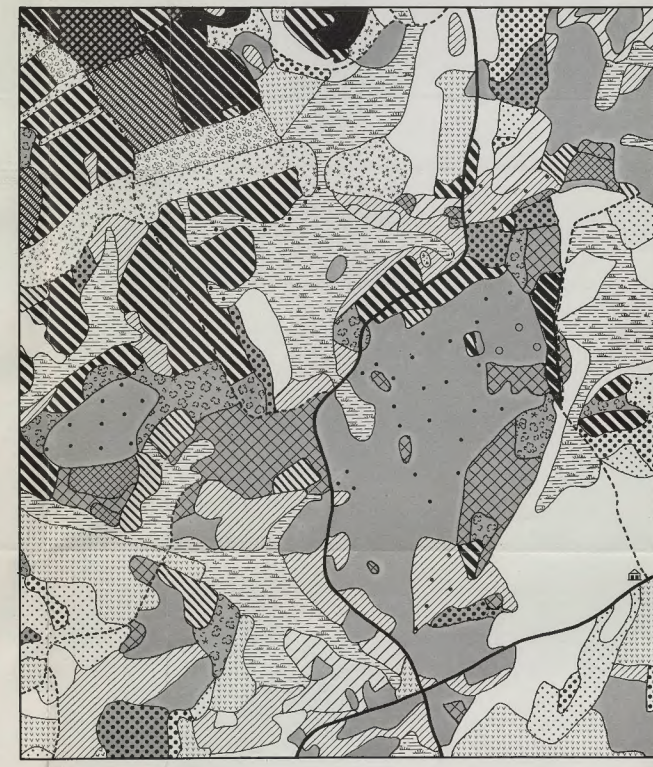
état de la végétation en 1966



© IGN-1976, 1977

état de la végétation en 1980

(d'après les relevés floristiques effectués sur le terrain en 1980)



feuille XXV-37 1-2 Nébinals

CARACTERISTIQUES STRUCTURALES ET FLORISTIQUES DES GROUPEMENTS VEGETAUX EVOLUTIFS

- PRESSON HUMAINE OU PASTORALE INTENSE**
- pré de fauche, rares cultures fourragères (seigle)
 - prairies permanentes à *Agrostis tenuis*, *Festuca rubra*, *Trifolium repens* et *Nardus stricta* - 5% maximum de recouvrement par les refus ligneux - charge bovine minimum 0,9 UGB/ha 4 mois ½ par an
- PRESSON PASTORALE INSUFFISANTE POUR LA MAITRISE DES PLANTES LIGNEUSES**
- pâturage colonisé par *Cytisus scoparius*
 - lande pâturée à *Cytisus scoparius* (plus de 30% de recouvrement), présence de *Calluna vulgaris*
 - pâturage colonisé par *Calluna vulgaris*
 - lande pâturée à *Calluna vulgaris* (30 à 60% de recouvrement)
- PRESSON PASTORALE EXTENSIVE, ZONE DE PARCOURS POUR LE BETAIL**
- Présence de *Genista pilosa*, *Genista anglica*, *Deschampsia flexuosa*, *Arrnica montana*, *Antennaria dioica*, *Potentilla tormentilla*, *Galium saxatile*, *Jasione montana*, *Serratula tinctoria*, *Danthonia decumbens*, *Senecio adoni-folius*, *Hypochoeris maculata*
- Callunaie (60 à 100% de recouvrement) exerçant une domination sur la communauté végétale d'autant plus forte que la densité d'herbacées et autres ligneux est faible (*Calluna-Genistetum*). Présence possible de quelques semis de *Pin sylvestre*
- (1) lande mixte à *Calluna vulgaris* et *Cytisus scoparius*

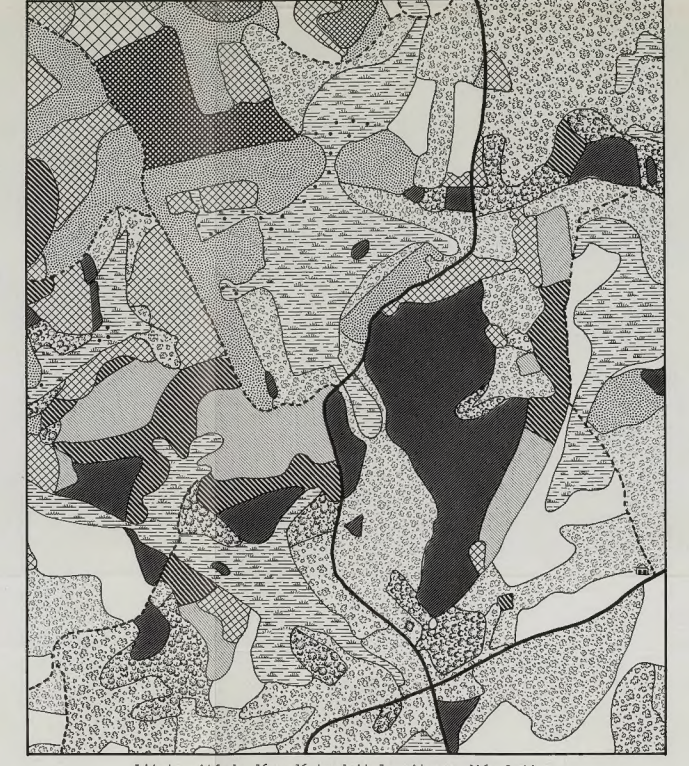
- ABSENCE DE PRESSON PASTORALE**
- (1),(2) Callunaie dense colonisée par *Pinus sylvestris* arbustifs (20 à 50% de recouvrement par le résineux). Groupement plus diversifié en espèces sur les anciennes coupes de Pinèdes (*Rubus sp.*, *Cytisus scoparius*, *Pteridium aquilinum* etc...)
 - (1),(2) Callunaie dense avec plus de 50% de recouvrement par *Pinus sylvestris* arbustifs
 - jeune Pinède ou futaie claire de *Pin sylvestre* à chaméphytes (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Rubus sp.*). Strate inférieure de feuillus inexistantes ou à très faible recouvrement (quelques *Sorbus sp.*)
 - îlots de Hêtraie-Pinède et Hêtraie clairière sur lande à *Calluna vulgaris*. Cicatrization progressive par *Sorbus sp.*, *Corylus avellana*, *Betula alba* et surtout par *Pinus sylvestris*
 - de *Pin sylvestre*, nombreux Pins morts (intense compétition pour la lumière).
 - Strate herbacée: recouvrement de 10 à 30% avec des espèces plus spécifiques que la Pinède (*Veronica officinalis*, *Monotropa hypopitys*, *Goodyera repens*) et de la Hêtraie (*Hieracium murorum*, quelques germinations de *Fagus sylvatica* sous les perches).
 - Gaulis ou
 - Perchis
 - Futaie de *Pin sylvestre* à sous-étage de feuillus (Hêtre)
 - (3) Hêtraie-Pinède à ambiance forestière de Hêtraie
 - (3) Futaie de Hêtre (*Fageto-Deschampsietum flexuosae*-Lemée 1959)

- (4) coupe récente de Pinède (0 à 10 ans)
 - (4) coupe plus ancienne de Pinède
 - plantation de résineux sous perchis de *Pin sylvestre*
 - Hêtre isolé o *Pin sylvestre* isolé
 - milieux humides, marécageux, tourbières avec buttes à *Calluna vulgaris*
 - milieux humides, présence de *Pinus sylvestris* sur les buttes à *Ericacée*
- (1) La colonisation simultanée de la pelouse par les deux ligneux est rare. Le cytise à balai ou le *Pin sylvestre* colonise la Callunaie et élimine progressivement la domination exercée par l'Ericacée
- (2) Sous chaque Pin, suivant le couvert, *Vaccinium myrtillus* ou une litière d'aiguilles remplace *Calluna vulgaris*
- (3) Strate herbacée floristiquement pauvre à *Vaccinium Myrtillus* et *Deschampsia flexuosa*, recouvrement inférieur à 5%
- (4) Recolonisation intense et variée suivant l'environnement végétal

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE
Laboratoire de Botanique et de Biologie Végétale
Laboratoire Associé au CNRS N°242
"Ecologie et Biogéographie des Grands Systèmes Montagneux"
B.P.53 Centre de Tri 38041 GRENOBLE Cédex



carte des chronoséquences de 1948 à 1980



L'intensité du dégradé traduit la vitesse d'évolution (succession rapide de groupements évolutifs)
zone claire → dynamisme lent
zone foncée → dynamisme rapide

ZONES A DYNAMISME VEGETAL FREINE OU BLOQUE ENTRE 1948 ET 1980 PAR DES ACTIVITES HUMAINES ET PASTORALES

- utilisation régulière et intensive du milieu, absence de chaméphytes et de nanophanérophites
- utilisation irrégulière ou extensive du milieu, colonisation par les ligneux sous-arbustifs en période d'abandon ou de sous-exploitation
- lande à *Calluna vulgaris* ou à *Cytisus scoparius* stabilisée par un pâturage extensif; densité de ligneux fluctuant en fonction de l'intensité de la pression pastorale
- milieu évoluant lentement vers un stade boisé:
- 1948: pelouse à chaméphytes
- 1980: Callunaie dense boisée de *Pinus sylvestris* arbustifs

ZONES A DYNAMISME VEGETAL RAPIDE, PRESSION PASTORALE NULLE OU FAIBLE ENTRE 1948 ET 1980

- Installation d'un groupement forestier transitoire nécessaire à l'élimination rapide des Callunaies
- 1948: pelouse ou Callunaie
 - 1980: perchis de *Pinus sylvestris*, ambiance forestière favorable à la germination de *Fagus sylvatica*
 - 1948: Callunaie boisée de *Pinus sylvestris* arbustifs
 - 1980: Pinède claire, riche en chaméphytes (évolution lente), strate arbustive de feuillus inexistantes ou faible (*Sorbus sp.*)
 - 1948: Callunaie boisée de *Pinus sylvestris* arbustifs
 - 1980: Pinède à sous-étage de *Fagus sylvatica* (évolution rapide)

- Installation d'un groupement forestier transitoire empêchant l'installation d'une Callunaie
- 1948: coupe récente de Pinède
 - 1980: perchis dense de *Pinus sylvestris*
 - recolonisation rapide d'une coupe à blanc de Pinède. Séquences différentes suivant l'environnement végétal

- Evolution vers le climax du groupement forestier transitoire**
- Pinède évoluant vers la Hêtraie par développement de la strate inférieure de feuillus
 - stade préforestier à feuillus divers évoluant vers la Hêtraie par cicatrization de groupement

GROUPEMENT CLIMACIQUE ET CLIMAX STATIONNELS

- Hêtraie (*Fageto-Deschampsietum flexuosae* - Lemée 1959)
- milieux humides, marécageux, tourbeux avec buttes à *Calluna vulgaris*; lente colonisation des buttes par *Pinus sylvestris*



échelle des cartes et des photographies aériennes: 1/12500
Les travaux de terrain ont été réalisés par l'auteur en 1979 et 1980
La réalisation technique de ce document a été effectuée par Jean Pierre GUICHARD
© LA 242 CNRS 1982

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Seuls les membres de la Société à jour de leur cotisation peuvent publier dans le Bulletin. Dans tous les cas les articles proposés seront soumis à un comité de lecture composé par le Conseil de la Société d'Ecologie. Sauf dérogation spéciale les articles ne devront pas dépasser 20 pages imprimées. Les clichés photographiques sont à la charge des auteurs.

Les manuscrits, dactylographiés en double interligne au recto seulement de feuilles numérotées, seront présentés sous leur forme définitive, et rigoureusement soignés dans le fond comme dans la forme. Ils seront fournis en 3 exemplaires (texte et figures). Les noms propres devront être en capitales ou soulignés d'un double trait, les noms scientifiques latins soulignés d'un seul trait. Le titre du manuscrit devra être suivi du prénom et du nom du ou de chacun des auteurs, de leur adresse, ainsi que de l'adresse du laboratoire dans lequel le travail a été effectué. Les auteurs éviteront, sauf nécessité impérieuse, les abréviations autres qu'usuelles; les notes infrapaginales, exceptionnelles et courtes, seront numérotées de 1 à *n* du début de l'article à la fin. Les références bibliographiques seront groupées à la fin du texte dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs; elles devront être conformes au modèle suivant :

De BACH (P.) et SUNDBY (R.A.), 1963. — Competitive displacement between ecological homologues. *Hilgardia*, 34, p. 105-166.

Le titre des périodiques sera abrégé d'après les règles internationales de nomenclature (*World list of scientific publications*, 4^e édition). Tout article de plus de 4 pages imprimées sera précédé d'un résumé en anglais ou en allemand. Ce résumé sera conforme au Code du bon usage en matière de publications scientifiques (UNESCO/NS/177).

Les dessins, exécutés à l'encre de Chine sur papier calque, bristol ou carte à gratter, ainsi que les photos, devront être groupés de façon à éviter le plus possible des frais de mise en page. La réduction souhaitée sera indiquée sur chaque figure. On évitera de fournir des données chiffrées à la fois sous forme de tableaux et de graphiques. Les manuscrits qui ne seront pas présentés suivant ces normes seront renvoyés à leurs auteurs.

Un jeu d'épreuves accompagnées des illustrations est envoyé aux auteurs qui devront retourner l'ensemble après correction et indication de l'emplacement souhaité pour les figures, au plus tard dans un délai de dix jours.

Les membres de la Société peuvent publier dans le Bulletin des travaux originaux, et des mises au point sur des sujets se rapportant aux divers domaines de l'écologie générale et appliquée. Les manuscrits doivent être envoyés au Secrétaire général.

TARIF D'ABONNEMENT 1983

			Librairies 10 % de remise
FRANCE	}	Abonnement particulier, membre	200 F
BELGIQUE			
LUXEMBOURG		Abonnement Collectivité	330 F
SUISSE			
ITALIE	}	Abonnement particulier, membre	270 F
ETRANGER			
MAROC		Abonnement Collectivité	350 F
ALGERIE			
TUNISIE		Cotisation simple (de membre)	50 F

IMPORTANT

Toutes les cotisations doivent, désormais, être payées à Monsieur le Trésorier de la Société d'Ecologie
Secrétariat « Faune et Flore », 57, rue Cuvier, 75231 PARIS Cedex 05

C.C.P. n° 30279-62 LA SOURCE



10 AVR. 1984